

Российская академия сельскохозяйственных наук  
Отделение мелиорации, водного и лесного хозяйства  
Всероссийский научно-исследовательский институт  
гидротехники и мелиорации  
им.А.Н.Костякова

Международная научная конференция  
(Костяковские чтения)

**«Наукоемкие технологии в  
мелиорации»**

Посвящается 118 - летию со дня рождения  
А.Н.Костякова

Материалы конференции  
30 марта 2005 г.

Москва 2005

УДК 631.6: 502.65:519.6

Наукоемкие технологии в мелиорации

(Костяковские чтения)

Международная конференция, 30 марта 2005 г.

Материалы конференции. – М. Изд. ВНИИА, 2005, 539 с.

В сборнике публикуются материалы конференции, посвященные теории создания экологически безопасных систем, экологически ориентированным гидромелиоративным системам и гидротехническим сооружениям, технологии комплексных мелиораций, информационным технологиям в мелиорации, экологически безопасному водопользованию в сельском хозяйстве, технике и техническим средствам для производства мелиоративных работ.

Сборник содержит доклады в авторской редакции

ISBN

© Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации Россельхозакадемии (ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии), 2005

© Издательство ВНИИА, 2005

# НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕЛИОРАЦИИ

Материалы Международной конференции  
(Костяковские чтения)

Компьютерный набор  
Компьютерная верстка

Е.Н.Гетьман  
Н.В.Бражникова

---

Работа по изданию выполнена в редакционно-издательском секторе ВНИИА

Лицензия на издательскую деятельность ЛР 040919 от 07.10.98  
Лицензия на полиграфическую деятельность ПЛД №53 – 468 от 13.08.99  
Подписано в печать 2005 г. Формат 60 x 84 /16 Заказ №  
Усл.печ.л Тираж

127550, Москва, ул. Прянишникова, 31 А

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
<b>Кизяев Б.М.</b> СЛОВО О КОСТЯКОВСКИХ ЧТЕНИЯХ	3
<b>Маслов Б.С.</b> АКАДЕМИК А.Н. КОСТЯКОВ И НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ	5
<b>Лихацевич А.П.</b> РЕЖИМЫ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В БЕЛАРУСИ	12
<b>Григоров М.С., Григоров С.М.</b> МЕЛИОРАЦИЯ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	19
<b><i>ТЕОРИЯ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ</i></b>	
<b>Айдаров И.П.</b> КРИТЕРИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ	23
<b>Быстрицкая Н.С.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	26
<b>Исаева С.Д.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ НАУЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГЕОСИСТЕМЫ	29
<b>Карпенко Н.П., Манукьян Д.А.</b> ОЦЕНКА СУММАРНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УЩЕРБОВ ПРИ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	34
<b>Кирейчева Л.В., Мажайский Ю.А., Ильинский А.В.</b> АГРОМЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО РЕАБИЛИТАЦИИ ЧЕРНОЗЕМОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	37
<b>Мурадов Ш.О., Отакулов У.Х.</b> ТЕХНОЛОГИЯ МЕЛИОРАЦИИ ОСОЛОНЦОВАННЫХ ПОЧВ В АРИДНОЙ ЗОНЕ	41
<b>Нгуен Суан Хай</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ ДЛЯ ДЕТОКСИКАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ	45
<b>Павлов В. Ю.</b> ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ И ВОЗМОЖНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ГОРОДСКИХ ЗЕМЕЛЬ	49
<b>Парфенова Н.И.</b> ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ ПРИ	

МЕЛИОРАТИВНОЙ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ <b>Передкова Л.И.</b>	51
ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВЫ НА СКОРОСТЬ ПОГЛОЩЕНИЯ КИСЛОРОДА КОРНЯМИ РАСТЕНИЙ <b>Суханов Г.Н., Добрачев Ю.П.</b>	57
МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ	60
<b><i>ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ</i></b>	
<b>Адьяев С.Б.</b> ВОЗДЕЛЫВАНИЕ НУТА В РИСОВЫХ СЕВООБОРОТАХ КАЛМЫКИИ	65
<b>Бородычев В.В., Лытов М.Н.</b> ВОЗДЕЛЫВАНИЕ СОИ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ – ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА	68
<b>Буравцев В.Н., Булаева Г.А., Шамсутдинов Н.З.</b> ФИТОМЕЛИОРАЦИЯ ДЕСТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ПОЙМЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НИЖНЕЙ ВОЛГИ НА ОСНОВЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СОЛОДКОВЫХ АССОЦИАЦИЙ	74
<b>Васильев С.М.</b> ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	79
<b>Городничев В.И.</b> ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОЗДАНИЮ СИСТЕМ ОРОШЕНИЯ И ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ	81
<b>Гостищев Д.П.</b> ТЕХНИКА ПОЛИВА ПРИ ОРОШЕНИИ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ	85
<b>Губер К.В.</b> ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННЫХ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ	87
<b>Захарова О.А.</b> УЛУЧШЕНИЕ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ И АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЦИКЛИЧНОГО ОРОШЕНИЯ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ	92
<b>Канардов В.И., Колесова Н.Г., Пивкина О.И., Силков М. В.</b> РЕЖИМЫ РАБОТЫ СИСТЕМ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ	100
<b>Кашарина Т.П., Кашарин Д.В.</b> СОЗДАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННЫХ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ	104
<b>Каштанов В.В.</b> СОЗДАНИЕ МАЛОЭНЕРГОЁМКИХ, ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ШЛАНГОВЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПОЗИЦИОННОГО ДЕЙСТВИЯ	107

<b>Корляков А.С., Головин В.Л., Абраменко В.П.</b> ПРИЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГРЕБНЕВОЙ МЕЛИОРАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОИ НА РИСОВЫХ СИСТЕМАХ ПРИМОРЬЯ	112
<b>Крылова Н.П.</b> БИОМЕЛИОРАЦИЯ ПРИРОДНЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ В США	118
<b>Курбатов Н.П.</b> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ	122
<b>Ларионова А.М.</b> ОСОБЕННОСТИ ПОЛИВА СТОЧНЫМИ ВОДАМИ	126
<b>Майер А.В.</b> ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ КУКУРУЗЫ ПРИ ОРОШЕНИИ	129
<b>Макарычева Е.А.</b> ВОПРОСЫ ВЛАГООБМЕНА ПОЧВЫ С ГРУНТОВЫМИ ВОДАМИ	133
<b>Максименко В.П., Мажайский Ю.А. Деев С.Ю.</b> ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ СУПЕСЧАНЫХ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВСПЕНЕННОГО КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОГО УДОБРЕНИЯ (ВКФУ)	137
<b>Мелихов В.В., Кузнецов П.И.</b> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ АРИДНОЙ ЗОНЫ РОССИИ	141
<b>Нагорный В.А.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ВОДОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	145
<b>Николаенко А.Н.</b> МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ	148
<b>Ольгаренко Г.В., Давшан С.М., Савушкин С.С.</b> ПОВЫШЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН ДДА-100МА И ДДН-70	152
<b>Разумов А.П.</b> АГРОТЕХНИКА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОГУРЦА В ПЛЕНОЧНЫХ ТЕПЛИЦАХ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ	157
<b>Рязанцев А. И., Борисов В. А., Гусаков Ф.А.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ В ОРОШАЕМЫХ ТЕПЛИЦАХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ	159
<b>Рязанцев А.И., Малько И.В., Кириленко Н.Я.</b> ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОЧИСТКИ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ «ФРЕГАТ» ОТ НАЛИПАЕМОЙ ПОЧВЫ	165
<b>Сазанов М.А.</b> ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ В АРИДНОЙ ЗОНЕ	169

<b>Силков М.В.</b> БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО КАК ПОКРОВНОЙ КУЛЬТУРЫ	173
<b>Сыздыкова Н.Л.</b> ВНУТРИПОЧВЕННОЕ ОРОШЕНИЕ КУКУРУЗЫ ПО КРОТОВИНАМ	177
<b>Терпигорев А.А., Грушин А.В., Асатрян С.А.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СИНХРОННО- ИМПУЛЬСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ	180
<b>Тихонов В.В.</b> АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ПОЛОСОВЫХ ШЛАНГОВЫХ ДОЖДЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЛИВА МАЛЫХ ПЛОЩАДЕЙ	184
<b>Ходяков Е.А., Кузнецов П.И.</b> ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНИКИ ПОЛИВА И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЖИМА ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ	188
<b>Храбров М.Ю.</b> ТЕХНОЛОГИИ МАЛООБЪЕМНОГО ОРОШЕНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	193
<b>Шамсутдинов Н.З.</b> ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ГАЛОФИТОВ И ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ СОЛЕУСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	197
<b>Шуравилин А.В.</b> РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ ХЛОПЧАТНИКА НА ФОНЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА	202
<b>Шуравилин А.В., Мелькумова Ж.П., Скориков В.Т</b> ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИВА ХЛОПЧАТНИКА В УСЛОВИЯХ ЧИРЧИК- АНГРЕНСКОЙ ДОЛИНЫ	209
<b>Яременко А.А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПРОПЕЛЕЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОИ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ПРИАМУРЬЯ	214
<b><i>ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ</i></b>	
<b>Боровской В.П., Хецуриани Е.Д.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ СТРУЕРЕАКТИВНОГО РЫБОЗАЩИТНОГО ОГОЛОВКА	216
<b>Вдовин Ю.И., Соболев И.С.</b> МАЛОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ С МЕРЗЛОЙ ЧАШЕЙ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В КРИОЛИТОЗОНЕ	222
<b>Вольнов М.А.</b> ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ПРОПУСКЕ ПОЛОВОДИЙ И ПАВОДКОВ	224
<b>Гавриков С. А., Головин В. Л., Зверев А. В.</b> НЕКОТОРЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ	

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ВОДОХРАНИЛИЩ	227
<b>Гавриков С.А., Шутько В.К.</b>	
ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ЗАЩИТЫ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ОТ НАВОДНЕНИЙ В ЮЖНЫХ РАЙОНАХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА	231
<b>Доронкина О. А.</b>	
ПРИЧИНЫ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН ГИДРОСООРУЖЕНИЙ МЕЛИОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	233
<b>Ежков А.Н.</b>	
ОБЛЕГЧЕННЫЕ КРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ОТКОСОВ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ	237
<b>Кашарина Т.П., Кашарин Д.В., Кореновский А.М.</b>	
ОБОСНОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ОБЛЕГЧЕННЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	241
<b>Лебедев Н.В., Проданов В.Ф., Васьков И.В.</b>	
НЕТРАДИЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ГАСИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ ВОДНОГО ПОТОКА	246
<b>Наумова Т.В.</b>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПРОТИВОПАВОДКОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ЛУГОПАСТБИЩНЫХ УГОДИЙ	250
<b>Сидорова С.А.</b>	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА В ЦЕЛЯХ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ НИЖНЕГО БЬЕФА ГИДРОСООРУЖЕНИЙ	255
<b>Трошина М.В.</b>	
ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ РЕТРОСПЕКТИВНОЙ ЧАСТИ БОКОВОЙ ПРИТОЧНОСТИ К ВОДНОМУ ОБЪЕКТУ	261
<b>Шевлакова А.С., Авдонина Ю.Н.</b>	
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ	264
<b><i>ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ</i></b>	
<b>Андреева Н.П.</b>	
РАСЧЕТ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ДАМБЫ ИЗ ГРАНУЛИРОВАННОГО КОМПЛЕКСНОГО СОРБЕНТА «САПРОПЕЛЬ-АКТИВ»	267
<b>Брылев С.Н., Сямиуллин Р.А., Шубин И.И.</b>	
МЕТОДЫ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, ЗАНЯТЫХ СТАРЫМИ ЗАХОРОНЕНИЯМИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ	272
<b>Буравцев В.Н., Головатый В.Г., Ильинский А.В., Котова Е.А., Головатая Н.Н.</b>	
ПОДБОР РАСТЕНИЙ ДЛЯ ФИТОРЕМИДАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	278



<b>Вильдфлуш И.Р., Мижуй С.М., Прокопенков Д.Н.</b> ПРИМЕНЕНИЕ КАС С ФУНГИЦИДАМИ – ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ ЯЧМЕНЯ	282
<b>Городничев В.И., Передкова Л.И., Трофимова Н.В., Тришкина Е.Ю., Грушин А.В.</b> ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ	285
<b>Дедова Э.Б., Кониева Г.Н.</b> СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬ КРЕСТОЦВЕТНЫХ КУЛЬТУР НА РАННИХ ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ	291
<b>Добрачев Ю.П., Евсенкин К.Н.</b> МИГРАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА С ДРЕНИРОВАННОГО АГРОЛАНДШАФТА	295
<b>Кобзин А.Г., Тихомирова Т.М.</b> ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕДЕНИЯ ЛУГОВОДСТВА НА МЕЛИОРИРУЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ	300
<b>Ковалёв Н.Г., Зинковская Т.С., Зинковский В.Н.</b> ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЕМ ПОЧВ В СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ	303
<b>Лялин Ю.С.</b> МЕЛИОРАТИВНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В СФЕРЕ ОРОСИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ	307
<b>Мажайский Ю.А., Пожогин Ю.П., Тобратов С.А.</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ КАК СРЕДСТВА СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	311
<b>Манусов Е.Б., Манусова Н.Б., Нудельман М., Ашеровская М.В.</b> ОСОБЕННОСТИ МЕЛИОРАЦИИ В УСЛОВИЯХ СЕМИАРИДНОЙ ЗОНЫ	316
<b>Муромцев Н.А.</b> ПОТЕНЦИАЛ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ КАК ОСНОВА ГИДРОФИЗИЧЕСКОГО ПОДХОДА В ИССЛЕДОВАНИЯХ СОСТОЯНИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ВЛАГИ И ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВАХ	319
<b>Петрова Л.И., Корнеева Е.М., Салихов Р.А.</b> ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ ПРИЕМОМ НА ОСУШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ	322
<b>Пыленок П.И.</b> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИРОДООХРАННЫХ	

МЕЛИОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ И ТЕХНОЛОГИЙ	325
<b>Пыленок П.И., Сидоров И.В., Сельмен В.Н.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА КОМПЛЕКСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ	328
<b>Сямиуллин Р.А., Брылев С.Н.</b> ПРИМЕНЕНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРИЕМОВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОЧВ ГОРОДОВ	333
<b>Уланов А.Н.</b> ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАНИМАЦИИ НАРУШЕННЫХ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ	335
<b>Чапланова М.П.</b> РОЛЬ ПЫРЕЯ СОЛОНЧАКОВОГО В ФОРМИРОВАНИИ ПЛОДОРОДИЯ ЗАСОЛЕННОЙ БУРОЙ ПОЛУПУСТЫННОЙ ПОЧВЫ	337
<b>Шарафутдинова Н.Ш.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАПАЗОНА ДОСТУПНОЙ ВЛАГИ С ПОМОЩЬЮ ПРЕССА РИЧАРДСА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ рF КРИВЫХ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ	341
<b>Широкова Ю.И., Полуашева Г., Морозов А.Н.</b> ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ - ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ УЗБЕКИСТАНА	346
<b><i>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕЛИОРАЦИИ</i></b>	
<b>Головинов Е.Э., Щербаков А.О.</b> РАСЧЕТ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОХРАНИЛИЩ ПО ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА	350
<b>Иванов Д. А.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ БИОПРОДУКТИВНОСТЬ МАКРОАГРОГЕОСИСТЕМ	355
<b>Коломийцев Н.В., Ильина Т.А., Киселева О.Е.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОМПЬЮТЕРНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ	360
<b>Кирейчева Л.В., Белова И.В.</b> ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЛАНДШАФТА НА ПРИМЕРЕ ЭКОПОЛИГОНА «МЕЩЕРА»	364
<b>Киселева О.Е., Коломийцев Н.В.</b> ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ МЕЛИОРАТИВНОМ ОСВОЕНИИ БАССЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК	369
<b>Матвеев А.В.</b> СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОДУКТИВНОСТИ АГРОЦЕНОЗА ДЛЯ ОПИСАНИЯ АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ	372
<b>Ромко А.В.</b> СОЗДАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ АГРОГЕОЦЕНОЗА НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ	378

<b>Чернышев А.К.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОНИТОРИНГА МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН	382
<b>Щербаков А.О., Исмаилов Г.Х.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КАСКАДА ВОЛЖСКО- КАМСКИХ ГИДРОУЗЛОВ	387
<b>Хомутов Ю.А.</b> ГИС ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТАРИЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ	393
<b>Юрченко И.Ф.</b> ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ПРИ ОРОШЕНИИ	397
<b><i>ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ</i></b>	
<b>Безднина С.Я.</b> МЕТОДЫ БЕЗОПАСНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	400
<b>Иванова Е.А.</b> КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА	405
<b>Икрамова М.Р.</b> ОЦЕНКА И ПРОГНОЗЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНО-ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В НИЗОВЬЯХ р. АМУДАРЬИ	409
<b>Коломийцев Н.В., Ильина Т.А., Корженевский Б.И.</b> НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В АПК	411
<b>Кузьмин Е.А.</b> ОЧИСТКА ДРЕНАЖНЫХ ВОД В ТЯЖЕЛЫХ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ПОЧВАХ	415
<b>Кушер А.М.</b> КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ И ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВЫБОРА И РАСЧЕТА ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	417
<b>Кушер А.М.</b> ПЕРЕПАД В КАЧЕСТВЕ ИЗМЕРИТЕЛЯ РАСХОДА (ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ)	422
<b>Мелихов В.В., Ходяков Е.А., Богданов Н.И., Яковлев С.В.</b> АЛЬГОЛИЗАЦИЯ ВОДОЕМОВ – НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ БОРЬБЫ С ЦВЕТЕНИЕМ ВОДЫ	427
<b>Мурадов Ш.О.</b> ТЕХНОЛОГИЯ ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ КОЛЛЕКТОРНО- ДРЕНАЖНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД	429

<b>Овчинникова Е.В.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ВОДООТВЕДЕНИЕ В МЕЛИОРАЦИИ	432
<b>Расулов У.Р.</b> УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ГИДРОМЕТРИЧЕСКАЯ ТРУБКА - НОВЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ВОДЫ	436
<b>Сазанов М.А., Ковриго С.И.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБВОДНИТЕЛЬНО-ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ПОЛУПУСТЫННОЙ И ПУСТЫННОЙ ЗОНАХ КАЛМЫКИИ	441
<b>Стрельбицкая Е.Б., Коломийцев Н.В.</b> ВОЗДЕЙСТВИЕ СБРОСНЫХ ВОД С ОСУШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОПРИЕМНИКОВ И ПУТИ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ	445
<b>Яшин В.М.</b> ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДРЕНАЖНОГО СТОКА С МЕЛИОРИРУЕМЫХ ПОЙМ	449
<b><i>ТЕХНИКА И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ</i></b>	
<b>Абдразаков Ф.К., Волков А.В.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ ПЛАНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАШИН В МЕЛИОРАТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	455
<b>Абдразаков Ф.К., Кузнецов Р.Е.</b> КОМПЛЕКС МАШИН И БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВДОЛЬ КАНАЛОВ	459
<b>Алексеева Л.А., Кондратьев А.Г., Магомедов М.М.</b> ТЕХНОЛОГИЯ УДАЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ ИЗ КАНАЛОВ	464
<b>Асосков Г.Н., Дейс А.В., Добрачев Ю.П., Исаев А.В., Матвеев А.В.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНОЙ ЛОКАЦИИ В ГИДРОТЕХНИКЕ И МЕЛИОРАЦИИ	468
<b>Балакай Г.Т.</b> БОРЬБА С СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ НА ОТКРЫТЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛАХ ГЕРБИЦИДОМ РАУНДАП	473
<b>Басс В. Н., Пунинский В.С.</b> СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ РОССИИ	477
<b>Бедретдинов Г.Х., Карпушкин И.С.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УКЛАДКИ ДРЕН ПРИ ВЫСОКОМ УРОВНЕ ГРУНТОВЫХ ВОД	482

<b>Беляков В. М., Беляков М. В.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ	487
<b>Голубев Н.К.</b> СТРОИТЕЛЬСТВО ВОДОНАПОРНОГО СООРУЖЕНИЯ В КАНЬОНАХ С БЕРЕГАМИ ИЗ ВОДОПРОНИЦАЕМЫХ И ВОДОУПОРНЫХ СЛОЕВ ГРУНТА	489
<b>Ефремов А.Н.</b> ПЛАНИРОВЩИКИ ПОЛЕЙ С ЛАЗЕРНОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ	492
<b>Кашарина Т.П., Гудков В.Н.</b> ЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ АРМИРОВАННОГО ГРУНТА	497
<b>А.А. Левчиков</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕСТРАНШЕЙНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ГЛУБОКОГО ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА НА ДЕГРАДИРОВАННЫХ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ С ВЫСОКИМ УРОВНЕМ ГРУНТОВЫХ ВОД	500
<b>Маммаев З.М.</b> КАКАЯ ТЕХНИКА НУЖНА ДЛЯ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ РОССИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ	502
<b>Миронов В.И., Гербст А.В., Миронов А.В.</b> УЗКОТРАНШЕЙНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА – ЭФФЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ В ЗОНЕ ОРОШЕНИЯ	509
<b>Михайлин А.А.</b> ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРУДИЙ ДЛЯ ГЛУБОКОГО РАЗУПЛОТНЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ	514
<b>Пунинский В.С.</b> ЗАВИСИМОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАМНЕУБОРОЧНЫХ МАШИН ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ	517
<b>Пунинский В.С.</b> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОМПЛЕКСЫ МАШИН ДЛЯ МЕЛИОРАЦИИ ЗАСОРЕННЫХ КАМНЯМИ ЗЕМЕЛЬ	521
<b>Ревин Ю. Г.</b> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОТЫ ФРЕЗЕРНОГО КАНАЛООЧИСТИТЕЛЯ	524

Б.М.Кизяев

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Костяковские чтения были учреждены Правительством в 1986 году в память выдающегося ученого, педагога и организатора мелиоративной науки, члена-корреспондента АН СССР, академика ВАСХНИЛ, заслуженного деятеля науки и техники, профессора, доктора технических и сельскохозяйственных наук Алексея Николаевича Костякова. Чтения проводятся раз в три года. Организаторами их в 2005 году выступили Отделение мелиорации, водного и лесного хозяйства Россельхозакадемии и ВНИИГиМ им. А.Н.Костякова.

Трудно переоценить вклад Алексея Николаевича в развитие мелиоративной науки. Им впервые сформулированы и разработаны основы науки о мелиорации земель, входившей ранее как прикладная часть в сельскохозяйственную гидротехнику, продолжены работы его предшественников (И.И. Жилинского, М.И. Анненкова и др.) по организации опытно-мелиоративных исследований на Северном Кавказе, в Поволжье, Средней Азии и Закавказье. Алексей Николаевич ввел понятие гидромодуля, разработал метод расчета режима орошения сельскохозяйственных культур на основе водного баланса, методы расчета оросительных и осушительных систем, дренажа и промывок, теорию самотечного орошения по бороздам и полосам. Его фундаментальный труд «Основы мелиорации» (переиздан шесть раз) – основное пособие и по сей день для студентов, научных работников и специалистов в области мелиорации и водного хозяйства.

Созданная им теория поверхностного орошения в отличие от всех других, существовавших к тому времени отечественных и зарубежных разработок, учитывала динамику поглощения воды в почве, что позволило оптимизировать способы полива и повысить коэффициент эффективности их полезного действия. Теоретические разработки получили широкое применение в проектировании оросительных систем для условий крупных механизированных хозяйств различной специализации, позволяя увязывать задачи получения высоких урожаев с требованиями рационального использования водных ресурсов в различных природных и хозяйственных условиях. Интересно отметить, что эта теория нашла практическое применение в США. И сегодня в Калифорнии и Аризоне расчеты наиболее эффективного с точки зрения водосбережения дискретного полива по поверхности, выровненной с помощью высокоточной лазерной планировки, производятся с применением формул А.Н.Костякова.

В сегодняшних условиях интересен опыт Алексея Николаевича и его соратников по организации внедрения научных разработок. Коллективом авторов во главе с А.Н.Костяковым была предложена новая система орошения, предусматривающая замену постоянных оросителей на регулирующей сети на оросители, ежегодно нарезаемые в период полива для подачи воды в поливные борозды или полосы при поверхностном орошении. Преимущества нового спо-

соба: крупные размеры поливных участков, широкая механизация обработки почвы и посевов, сокращение потерь воды на фильтрацию в оросительной сети и затрат труда на очистку и окашивание оросителей, исключение очагов сорной растительности и вредителей в их зоне. Для того времени она открывала путь для широкой механизации и индустриализации орошаемого земледелия.

Для пропаганды нового способа была создана целая сеть опытно-мелиоративных станций, основной задачей которых было научить крестьян пользоваться этой системой: соблюдать графики нарезки борозд, приемы агротехники и поливные режимы при возделывании сельскохозяйственных культур. Так появились Курская, Грозненская, Сталинградская, Тамбовская, Орловская и другие станции, а ранее существовавшие Валуйская, Энгельсская, Крымская и другие были переориентированы в этом плане. Всего под научно-методическим руководством ВНИИГиМ существовало до 55 опытно-мелиоративных станций и участков, большая часть – в зоне орошения. Эти условия позволили в кратчайшие сроки перейти к новому этапу развития орошаемого земледелия. За создание и успешное внедрение новой технологии А.Н.Костяков со своими соратниками были удостоены Сталинской премии.

Аналогичный путь прошло и внедрение дождевания (достаточно вспомнить Московскую и Узбекскую дождевальные опытные станции), переход от открытых осушительных систем к закрытым в Прибалтике и Белоруссии. Там, где была государственная поддержка и достаточное финансирование, там успешно достигался прогресс, повышался уровень сельскохозяйственного производства. Это особенно наглядно сказалось при масштабной мелиорации 60-х – 80-х годов, когда новая отрасль народного хозяйства активно использовала достижения мелиоративной науки и давала им путевку в жизнь. К сожалению, спад сельскохозяйственного производства в период перестройки затормозил поступательное движение и научно-технический прогресс в мелиорации.

В настоящее время с выходом в свет закона «О техническом регулировании» намечаются положительные тенденции со стороны правительства к усилению роли современных технологий в устойчивом развитии АПК России. Это потребует от научных коллективов активизации работы по внедрению результатов исследований, доведения их до уровня нормативных документов, организации их широкой пропаганды среди сельхозпроизводителей. Целесообразно по примеру А.Н. Костякова и его современников организовать на базе опытно-производственных участков и хозяйств учебу специалистов сельского хозяйства передовым технологиям и современным способам оросительных и осушительных мелиораций.

А.Н.Костяков всемерно стремился содействовать продвижению достижений гидротехнической и мелиоративной науки в практику народного хозяйства. Он участвовал в разработке плана ГОЭЛРО и перспективного плана развития мелиорации в СССР, в приемке крупнейших оросительных объектов, таких как Ферганский и Невинномысский каналы, Катта-Курганское водохранилище и др., в экспертизе проектов орошения в Заволжье, на юге Украины, Северном Кавказе, в Закавказье, Средней Азии и др.

Все трудности научного поиска и практической реализации достижений Алексей Николаевич разделял с соратниками: С.В.Астаповым, А.Д. Брудастовым, Е.А. Замариным, Л.П. Розовым, И.А. Шаровым, А.М. Царевским и другими сотрудниками ВНИИГиМ, организатором и научным руководителем которого он был до конца своей жизни.

Развивая заложенные А.Н. Костяковым основы и традиции, ВНИИГиМ и сейчас является головным научным учреждением в области сельскохозяйственных мелиораций и водного хозяйства, проводит и координирует исследования по широкому спектру проблем, включая разработку научных основ и технологий формирования экологически устойчивых агроландшафтов, комплексной мелиорации сельскохозяйственных угодий, ресурсосберегающих и природоохранных технологий орошения и осушения, технологий строительства, реконструкции и эксплуатации гидромелиоративных систем, комплексной механизации мелиоративного и водохозяйственного строительства, использования и охраны водных ресурсов, экономико-правового механизма эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных систем.

В ноябре прошлого года отмечался 80-летний юбилей ВНИИГиМ, и было отрадно слышать, что научное наследие Алексея Николаевича продолжает успешно развиваться и в России, и в ближнем зарубежье. Работая над решением насущных проблем мелиорации, многие из которых уходят корнями в далекое и в не столь далекое прошлое, ученые - мелиораторы продолжают и развивают традиции, заложенные своими славными предшественниками, используя и обогащая созданный ими интеллектуальный потенциал. Разрешите выразить уверенность, что результаты научных исследований участников «Костяковских чтений – 2005» станут еще одной ступенью в поступательном движении мелиоративной науки.

УДК 630.6

## **АКАДЕМИК А.Н. КОСТЯКОВ И НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Б.С. Маслов

ФГУП «Госэкомелиовод», Москва, Россия

Начав в 1912 г. заведование Гидромодульной частью Отдела земельных улучшений (ОЗУ), А.Н. Костяков свел воедино накопленные опытные данные (в основном зарубежные) по нормам осушения, по оросительным и поливным нормам (по переводам, выполненным супругой Верой Дмитриевной). На этом простое опытничество было закончено. Уже в 1915 г. в книге «Гидромодульная часть: предмет, задачи и значение ее работ» А.Н. Костяков ориентирует науку на эксперимент, именно эксперимент стал опорой всей современной науки. Эксперимент позволяет установить связь науки с производством и техникой. Уже в 1916 г. в книге «Основные элементы расчета осушительных систем и их изучение» А.Н. Костяков вместо проведения опытов по методу «проб и ошибок», выдвигает необходимость теоретического осмысливания опытных фактов и постановки методически правильных экспериментов для проверки теорий.



Формирование теоретического уровня мелиоративной науки привело к качественному ее изменению, так как на теоретическом уровне наряду с анализом и синтезом, присущими эмпирическому уровню, появляются теоретические приемы, включающие гипотезы, моделирование, абстракции и обобщения, хотя все теории корнями, как известно, уходят в опыт.

Открылись перед мелиоративной наукой перспективы для фундаментальных исследований, которые по современным взглядам ученых, направлены на получение новых знаний, выработку и теоретическую систематизацию объективных знаний об объекте мелиорации и воздействиях на него мелиоративных систем и сооружений.

Вся деятельность Гидромодульной части, преобразованной в последующем в Опытно-мелиоративную часть, а в 1923 г. - в Государственный институт сельскохозяйственной мелиорации под руководством А.Н. Костякова направлена на организацию в разных регионах (зонах) страны гидромодульных участков и исследований. Гидромодульные участки по орошению, осушению, борьбе с засолением включали обоснованные конструкции мелиоративных систем, направленные на значительное улучшение ранее применявшихся конструкций, разработку технологических процессов, соединяющих воедино технически: и агротехнические средства с природными условиями (климат, почва, гидрогеология и др.) и хозяйственно-трудовыми процессами. Технологические процессы по мелиорации объединялись в целостную систему. Опытная проверка и испытание созданных прототипов новых мелиоративных систем и их составных частей позволяли со временем накопить необходимые опытные данные по применению нововведений, закрепляя их в виде нормативных документов, технических условий, руководств, конструкторской документации.

Таким образом, полученные новые знания, составляющие главную цель науки, дают приращение нового знания и тем самым революционируют отрасль.

Должен отметить, что формирование теоретического уровня науки - тем более такой сложной и многоплановой, какой является мелиорация, - вызвало к жизни междисциплинарные и комплексные исследования, проводимые средствами нескольких научных дисциплин. Мелиорация находится на стыке с агрономией, земледелием, почвоведением, климатологией и метеорологией, гидрологией и гидрогеологией, механикой, экологией, биохимией, экономикой, математикой, автоматикой, информатикой, кибернетикой и другими дисциплинами.

Постепенно степень наукоемкости мелиорации возрастала. «Сущность мелиорации, V - писал А.Н. Костяков, - регулирование водного, а вместе с ним воздушного, питательного и теплового режимов почвы». Изменяя водный режим почв, мелиорации влияют на развитие почвообразовательного процесса, на изменение почвенных, климатических и гидрологических условий мелиорируемой территории в нужном для хозяйства направлении. «Воздействуя непосредственно, главным образом, на водный режим, они оказывают большое влияние на воздушный, тепловой и питательный режимы почвы, на повышение

ее плодородия, на усиление внутреннего кругооборота и улучшение климатических и гидрологических условий поверхностных и грунтовых вод территории». Уже в этих формулировках А.Н. Костякова задействованы все науки природо-ведческого цикла.

Еще несколько цитат: «Мелиоративные мероприятия на каждой данной площади должны проводиться в сочетании с агротехническими.... применительно к зональным природным и хозяйственным условиям».

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 теоретической проблемой географии на современном этапе ее развития... С другой стороны, разработка этой проблемы необходима для обоснования расчета и правильного применения мелиорации в различных географических условиях*». Важность решения этой проблемы особенно возросла при переходе в начале 1960- годов (особенно после 1966 г.) к проектированию и строительству крупных оросительных, осушительных и обводнительных систем в разных природных зонах и регионах страны.

Необходимо в свете этого изучить на мелиорируемых землях пределы допустимого регулирования водного и теплового режима в корнеобитаемом слое почвы, включая влажность, температуру почвы, в их взаимосвязи с зоной аэрации и грунтовыми водами; пределы регулирования уровня грунтовых вод в их взаимосвязи с зоной аэрации и почвой (инфильтрация осадков и поливных вод до поверхности грунтовых вод и капиллярный приток влаги от грунтовых вод); содержание и динамику элементов питания для выращиваемых сельскохозяйственных растений в почвенном растворе, состав поглощенных оснований и степень насыщения ими почвы, содержание гумуса, физические свойства почвы и пр. Для мелиорируемых земель особое значение приобретает объем и качество поливной воды, объем и качество дренажных и сбросных вод. Кроме того, все перечисленные пределы и факторы зависят от конструкции и параметров мелиоративной системы.

При огромных просторах страны и многообразии природных и хозяйственных условий задача определения перечисленных факторов может быть облегчена путем установления количественных связей между отдельными показателями и плодородием почвы и урожайностью в разные по метеорологическим условиям годы. Эти зависимости необходимы для расчетов гидромелиоративных систем и режимов мелиорации, позволяющих рационально мелиорировать земли, а в необходимых случаях выдавать надежные прогнозы воздействия мелиорации на землю.

Остановлюсь на нескольких примерах освоения наукоемких технологий непосредственно в трудах А.Н. Костякова.

Известно, что он создал *учение о режиме орошения*, включающем оросительные и поливные нормы, поливные и межполивные периоды, в основу которого положил им разработанную теорию оросительного гидромодуля.

Расчет гидромодуля включает как минимум: 1 - необходимость знания потребности в воде каждой культуры в севообороте по периодам ее вегетации; 2 -

досконального изучения почвенно-геологических, гидрологических условий объекта мелиорации; 3 - условия организации труда и технологии полива (с нормами выработки на каждого человека); 4 - изучение потерь урожая от недополива, переполива и т.п.; 5 - изучения потерь воды и урожая из-за несвоевременного проведения агротехнических работ, образования корки, уплотнения почвы и т.п. Причем все проектные проработки должны быть проведены для лет различной влаготеплообеспеченности. Трудно представить более наукоемкую технологию, чем эта. При использовании гидромодуля по сравнению с предыдущими методами определения оросительных и поливных норм необходимый объем научной информации возрос в десятки раз.

Техническое совершенствование мелиоративных технологий А.Н. Костяков ставил в прямую зависимость от характера сельскохозяйственного использования. Он писал: *«Интенсивные формы мелиорации требуют и интенсивного использования площади, и, наоборот, интенсивное использование возможно лишь при соответствующих формах мелиорации».*

Во главу угла при мелиоративных расчетах он выдвигает требования выращиваемых культур, А.Н. Костяков писал: *«Растения для успешного своего развития и образования высоких урожаев требуют одновременного и непрерывного полного притока необходимых им в каждую фазу развития количеств влаги, питательных веществ, тепла, света, почвенного воздуха».*

При этом еще более усложняет задачу исследователя и проектировщика указанием: *«Чем чаще и меньшими нормами делаются поливы, тем точнее регулируется водный режим почвы, т.е. тем лучше создаваемый режим влаги приближается к потребному. Необходима прерывистая подача воды на поле».*

*Вопрос теории и техники полива.* Для, казалось бы, простых способов орошения - поливов по бороздам и полосам теория А.Н. Костякова включает знание топографии (уклон поверхности, степень выровненности и шероховатость), почвенных условий (свойства, влагоемкость, водопроницаемость, капиллярность, эрозионная устойчивость и др.), гидрогеологических и литологических условий (глубина залегания уровня грунтовых вод, проницаемость пород и др.), хозяйственных условий (норма орошения, техника подачи воды и др.); гидравлики (необходима для расчета глубины и ширины борозд, длины борозд и полос, времени добегающего, размеров поливных струй и др.), гидрологии (расчет потерь на испарение, коэффициента стока) и многих других показателей. Без этого запроектировать, построить и использовать рациональные приемы орошения невозможно.

Хотел бы подчеркнуть, что по настоянию А.Н. Костякова в середине 1930- годов орошаемое земледелие Средней Азии и Закавказья было переведено на прогрессивный в то время бороздковый способ полива. Большую лепту внесли в это ученые ВНИИГиМа, трудившиеся в тяжелых условиях, многие из них заболели тропической малярией.

На основе изучения вопросов засоления в Поволжье, А.Н. Костяков формирует основные принципы борьбы с ним, в том числе: экономное использование оросительной воды на полив и уменьшение фильтрации воды из каналов, обязательное устройство сбросной сети для удаления с полей избытков воды и воз-

возможности опорожнения каналов от воды после полива, промывка засоленных почв (при отсутствии дренажа и хорошей сбросной сети может вестись только очень осторожно, так как нередко вызывает последующий подъем солей к поверхности), устройство закрытого трубчатого дренажа как наиболее действенное средство борьбы с засолением.

А.Н. Костяков подчеркивает необходимость особо тщательного проведения на фоне дренажа мер, уменьшающих потребление воды: поверхностной обработки почвы, регулировки оросительных норм, посадки деревьев вдоль каналов для перехвата фильтрационных вод. Для ускорения процесса рассоления в тех случаях, когда существует хорошая сбросная сеть, действующая самотеком, рекомендуется культура риса.

На основе опытных данных он убедительно доказывает, что необходимо введение рационального расходования оросительной воды с учетом забираемой воды и установлением платы за воду *«с таким расчетом, чтобы каждый водопользователь платил налог, исчисляемый не по площади хозяйства, а по количеству затраченной им оросительной воды»*.

Доказав, что стремление к усиленному орошению находится в противоречии с ограниченностью водных ресурсов и ведет к снижению урожаев и засолению земель, А.Н. Костяков выступал за широкую агромелиоративную пропаганду среди населения и специалистов. Это положение А.Н. Костякова особенно актуально в условиях возросшего дефицита водных ресурсов.

Уже в 1940 г., основываясь на законе незаменимости -равнозначимости факторов роста растений, А.Н. Костяков выдвигает идею *комплексного регулирования* этих факторов. Он пишет, что мелиорации имеют задачей регулирование не только водного, но и воздушного, питательного и теплового режимов почв в соответствии с фазами развития растений. Эта его идея начала разрабатываться в 1970-е годы.

В 1950 г. постановлением Совета Министров СССР орошаемое земледелие переведено по рекомендациям А.Н. Костякова на *новую систему орошения*, в целях более полного использования орошаемых земель и улучшения механизации сельскохозяйственных работ. Применение новой научно обоснованной и наукоемкой технологии позволяло избавиться от мелких поливных участков, повысить КЗИ и КПД каналов, производительность труда поливальщиков, сократить потери воды, уменьшить объемы очистки каналов от ила и сорняков, открывало возможности для применения производительной сельскохозяйственной техники, уменьшить сбросы воды, применить агролесомелиорацию и т.п., но новая технология требовала грамотных исполнителей по планированию водопользования. Для этого все условия были.

Во времена А.Н. Костякова еще не стояли так остро вопросы охраны природы и экологии. Но он, предугадывая, писал: *«Мелиоративные и агротехнические мероприятия присущими им путями и методами изменяют различные стороны природных условий и вместе с тем влияют друг на друга. Только при взаимном сочетании они наиболее полно и эффективно разрешают стоящую перед мелиорациями задачу - направленного изменения, переделки неблагоприятных природных условий в соответствии с потребностями хозяйства. Ме-*

*лиорации входят составной частью в общий комплекс мероприятий по преобразованию природы».*

В другой работе он высказывает мысли на полвека вперед, для современных исследователей. Завещанные А.Н. Костяковым положения о комплексности мелиорации вошли в разработанный в 1972 г. «Прогноз по определению оптимальных систем мелиорации земель в различных зонах страны», составленный под эгидой Госкомитета СССР по науке и технике и Минводхоза СССР. Как записано в нем, под оптимальной системой мелиорации понимается *«соответствующий природным и экономическим условиям данного района комплекс гидротехнических, агротехнических, лесомелиоративных и противоэрозионных мероприятий, направленных на повышение плодородия почв в целях обеспечения народного хозяйства страны требуемыми видами и количеством сельскохозяйственной продукции».*

В корне изменялся подход к проектированию мелиоративных систем так: *«вместо составления проектов осушения для отдельных объектов будут разрабатываться проекты многофакторного улучшения всего водосборного бассейна реки, включая вопросы землеустройства, полного сельскохозяйственного освоения земельных угодий, повышения эстетической и рекреационной значимости ландшафтов... Мелиорация будет направлена на улучшение в целом природной среды жизни человека».*

Академик А.Н. Костяков писал: *«Одной из важнейших задач земледелия и мелиорации... является управление направлением и скоростью геологического и биологического круговоротов воды и зольных питательных элементов в целях прогрессивного повышения плодородия почв.*

*Управляя круговоротом воды и зольных веществ, мы можем изменять нужным образом природные (климатические, почвенные, гидрологические) и улучшать хозяйственные условия целых крупных районов, получать возможность освоения новых земель; забирая ежегодно из реки определенные количества воды, стекавшие в море, и используя их на орошение и обводнение земель, мы включаем эту воду в биологический круговорот и заставляем ее служить нашему хозяйству; вместе с этим мы усиливаем внутренний оборот влаги и выпадение летних осадков в этих районах и, следовательно, делаем сток воды в реки более равномерным в течение года, т.е. улучшаем не только хозяйственные, но климатические и гидрологические условия района...*

*Управляя круговоротом воды и зольных веществ, необходимо всемерно удерживать питательные для растения вещества в биологическом круговороте и не только не допускать перехода их в геологический круговорот, но и извлекать их из последнего.*

*Вместе с этим нужно не допускать ускорения геологического круговорота питательных веществ, предупреждая процессы эрозии, дефляции, смыва и поступления зольных питательных веществ в реки и моря, в бессточные низменности. Тем самым будут предотвращены в условиях влажных районов процессы накопления органического вещества и заболачивания вследствие недостатка элементов зольного питания на повышенных частях рельефа или избытков воды — в бессточных низинах; в условиях же сухих районов, с преобладанием*

*испарения над осадками, не будут допускаться процессы накопления солей и образования солончаков, в пониженных частях рельефа и дефицитов воды -на повышенных. Поэтому, регулируя в нужном для сельского хозяйства направлении круговорот воды, необходимо одновременно регулировать и круговорот зольных питательных элементов, всемерно обеспечивая сохранение их на сельскохозяйственных площадях путем усиления биологического круговорота.*

*Такое совместное управление геологическим и биологическим круговоротом воды и зольных питательных веществ может быть достигнуто при условии комплексной взаимосвязи системы мелиоративно-гидротехнических методов и системы агротехнических методов в единое целое мелиоративное мероприятие, отвечающее природным и хозяйственным условиям данного района. Таким образом, гидротехнические мероприятия должны быть тесно увязаны с агротехническими.*

*Система агротехнических мероприятий, как и система мелиоративных, не может быть неизменной и должна устанавливаться конкретно, применительно к природным и хозяйственным условиям различных районов».*

Чтобы новые научные достижения стали достоянием практики, чтобы вошли они в перспективные наукоемкие технологии одних публикаций недостаточно. Необходима постоянная работа по пропаганде нового с тем, чтобы новые достижения стали неотъемлемой частью сознания не только ученых, но и производственников. Особенно молодых людей, за которыми будущее.

А.Н. Костяков, будучи заведующим кафедрой МИИВХ в течение 45 лет, т.е. всю жизнь вел педагогическую работу: читал лекции, проводил семинарские занятия, готовил учебные и методические пособия и программы по сельскохозяйственной мелиорации. Им подготовлены тысячи высококвалифицированных инженеров-гидромелиораторов, сотни молодых научных работников, докторов и кандидатов наук.

Крупнейший теоретик мелиорации А.Н. Костяков в своих многочисленных трудах (особенно в книге «Основы мелиорации», выдержавшей шесть изданий) осветил практически все грани комплекса сельскохозяйственных мелиорации. Его работы легли в основу проектирования крупных оросительных, обводнительных и осушительных систем в разнообразных природно-климатических районах Советского Союза, России и других стран.

Научная школа А.Н. Костякова объединила многих известных ученых-единомышленников (С.Ф. Аверьянов, А.А. Черкасов, А.И. Ивицкий и другие), а также многочисленных их учеников и последователей. Она успешно развивается.

Изменяющиеся условия в природе и в обществе ставят новые задачи перед наукой, решение которых необходимо для создания новых наукоемких технологий и отвечающих им конструкций мелиоративных систем, машин и механизмов. На первый план наряду с требованием надежности и экономичности выдвигаются требования обеспечения здоровья людей, экологической безопасности и биоразнообразия.

В заключение отметим, что важнейшей задачей любой науки является определение путей развития с учетом тенденций ее развития в мире, наличия ре-

сурсов для строительства, ресурсов рынка и рабочей силы. Главным фактором развития современной техники является инновация. Наука в современных условиях стала фундаментом экономики.

Мелиорация в России благодаря трудам Алексея Николаевича Костякова, его учеников и последователей имеет надежную научную базу и, вне всякого сомнения, займет в ближайшие годы подобающее ей место в аграрном секторе экономики, ибо без мелиорации сельское хозяйство в России не может быть устойчивым и эффективным.

УДК 631.674.5

## **РЕЖИМЫ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В БЕЛАРУСИ**

А.П. Лихацевич

ВНИИМИЛ, Горки, Беларусь

В последние несколько лет по причине участившихся засух резко возросла актуальность орошения сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь. В наибольшей степени это относится к таким культурам, как овощные. Ранее в республике наработан немалый опыт в установлении параметров режима орошения. Вместе с тем с учетом результатов исследований в области оптимизации орошения, выполненных в последние годы, необходимо еще раз вернуться к проблеме экологического обоснования его режима.

Общеизвестно, что с развитием производительных сил общества постоянно повышается актуальность обеспечения экологически безопасного производства качественной сельскохозяйственной продукции. Стало общепризнанным, что в любой сфере деятельности, не только в сельском хозяйстве, именно экология должна превалировать над экономикой, поскольку долговременные стратегические перспективы развития человечества (сохранение комфортной среды обитания) всегда выше кратковременных его хозяйственных интересов, реализация которых часто вызывает негативные последствия.

В полной мере данное требование относится и к мелиорации земель, в том числе к орошению. Ранее при построении оптимизационных математических моделей мелиорации земель в функцию цели традиционно включались затраты на ликвидацию экологических нарушений. Тем самым экологические ограничения через денежную оценку расходов на устранение нежелательных последствий ставились на один уровень с экономическими факторами.

Для придания экологическим требованиям повышенного статуса при решении оптимизационных задач есть один путь – формирование этих требований представлять в виде ограничений целевой функции. В этой связи определим, что орошение сельскохозяйственных культур должно проводиться таким образом, чтобы было исключено негативное влияние на окружающую среду (ограничения функции цели), а в корнеобитаемом слое почвы в течение вегетационного периода был обеспечен заданный режим почвенной влажности при минимальном расходовании ресурсов на полив (целевая установка).

Следовательно, для однородных условий (по почвам и сельхозкультурам) целевая функция оптимизации будет иметь вид

$$\min_C [C / \Delta Y], \quad \text{или } C / \Delta Y \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $C$  – издержки на эксплуатацию мелиоративной системы и сельскохозяйственные затраты;  $\Delta Y$  – прибавка урожая от орошения.

Ключевыми вопросами выполняемой оптимизации являются определение прибавок урожайности сельскохозяйственных культур от орошения при различных уровнях водообеспеченности, а также установление зависимости эксплуатационных затрат и сельскохозяйственных издержек от расчетной обеспеченности орошения.

Эксплуатационные и сельскохозяйственные издержки, представленные числителем (1), можно условно разделить на две группы. В первую входят амортизационные отчисления на реновацию и капитальный ремонт оросительной сети, гидротехнических сооружений, дождевальнй техники, насосно-силового оборудования, а также расходы на технический уход за оросительной системой, ежегодные затраты на подготовку дождевальных машин и механизмов к поливному сезону и зимнему хранению. Все элементы данной группы затрат не зависят от внутрисезонного распределения поливов, т.е. от режима орошения.

Вторую группу текущих расходов на эксплуатацию оросительной системы составляют затраты, зависящие при неустойчивом естественном увлажнении от варьирующего по годам режима орошения. К ним можно отнести затраты всех ресурсов, потребляемых при поливе, в том числе труд операторов дождевальных машин и машинистов насосных станций, а также сельскохозяйственные издержки. Именно эти затраты формируют функцию цели оптимизации режима орошения. Следовательно, в соответствии с (1)

$$\min_R \left[ \sum_z^Z R_z / \Delta Y \right], \quad \text{или } \sum_z^Z R_z / \Delta Y \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $\sum_z^Z R_z$  - сумма удельных затрат (на единицу площади) всех ресурсов, потребляемых при орошении,  $z = [1, Z]$ ;  $Z$  – число учитываемых ресурсов.

Числитель (2) можно представить в виде суммы конкретных затрат

$$\sum_z^Z R_z = R_w + R_e + R_s + R_t + R_p + R_y, \quad (3)$$

где  $R_w, R_e, R_s, R_t, R_p, R_y$  – соответственно затраты воды, электроэнергии, топливно-смазочных материалов, ремонтных ресурсов, рабочей силы и сельскохозяйственные затраты (на агротехнику, уборку, доработку, хранение и реализацию полученной от орошения прибавки урожая).

Условие (2) характеризует ресурсосберегающий режим орошения. Но выше отмечалось, что оптимальный режим орошения, прежде всего, должен га-



рантировать исключение негативного влияния на окружающую среду. А это означает, что решение (2) должно удовлетворять следующим требованиям: минимизировать ежегодный внутрисочвенный влагообмен и обеспечивать экологическую безопасность полива, сохраняя водно-экологическое равновесие.

При удовлетворительном качестве поливной воды эти требования можно представить в виде системы ограничений:

1) поддержание заданного режима почвенной влажности

$$W_{HOi} \leq W_{ППi} \leq W_{HBi} - m; \quad (4a)$$

2) исключение негативного влияния на окружающую среду

- охрана водных источников от истощения

$$\sum^n m \leq [M]; \quad (4б)$$

- охрана водных источников от загрязнения, а почв от деградации (исключение водной эрозии)

$$j \leq [j]; \quad (4в)$$

- сохранение непромывного гидрологического режима процесса почвообразования

$$m_i \leq \min \left\{ (W_{HBi} - W_{HOi}) \frac{T}{T + T_1^i} \right\}, \quad (4г)$$

где  $W_{HOi}$ ,  $W_{HBi}$ ,  $W_{ППi}$  – рекомендуемые, соответственно, нижний, верхний (наименьшая влагоемкость) пределы регулирования и предполивные влагозапасы в корнеобитаемом слое на  $i$ -ом участке орошаемой площади в момент начала на нем полива;  $m$  – норма полива;  $n$  – число поливов (поливных циклов) в течение вегетации;  $[M]$  – допустимая оросительная норма, удовлетворяющая санитарным условиям и требованию не превышения 30% от среднемноголетнего поступления природных вод (до ввода в эксплуатацию оросительной системы), что примерно соответствует амплитуде 30...40-летних природных ритмов (Н.И.Парфенова, Л.В.Кирейчева, 1990);  $j$  – интенсивность искусственного дождя;  $[j]$  – максимально допустимая интенсивность дождя, удовлетворяющая местным экологическим ограничениям;  $T$  – продолжительность поливного цикла для всей орошаемой площади;  $T_1^i$  – продолжительность полива от 1-го до  $i$ -го участка орошаемой площади в порядке продвижения поливного фронта.

Обычно при решении вопросов оптимизации водного режима в качестве основного ограничения используется тест на урожайность. Требуется, чтобы урожай при орошении по крайней мере был не ниже заданного проектом. Но аналогичное требование заложено в систему неравенств (4), формализующих условия водно-экологического равновесия (воспроизводства почвенного плодородия) на конкретном поле. Следовательно, ограничения (4) гармонично со-

вмещают в себе не только вопросы экологической безопасности полива, но и условия получения планового урожая.

При решении оптимизационной задачи (2) проблема заключается в приведении всех членов, составляющих функцию цели, к единой размерности. В качестве таковой обычно выступает стоимость. Помимо этого для оценки эффективности организационно-хозяйственных, технических и других решений в сельском хозяйстве и в мелиорации часто используется энергетический подход, при котором все затраты выражаются в единицах энергии. Однако нет принципиальной разницы между ценовым (экономическим) и энергетическим подходом при реализации целевой функции (2). В случае сбалансированности энергетических затрат с их экономическим эквивалентом результаты, полученные при решении, должны совпадать.

После установления структуры суммарных затрат на полив (3) следует определить количество независимых переменных, входящих в целевую функцию (2). Ранее нами было доказано, что в общем виде уравнение (3) сводится к одной независимой переменной, в качестве которой выступает поливная норма. Данный вывод существенно упрощает реализацию модели оптимизации (2), позволяя использовать классический подход.

Затраты ресурсов (3) можно представить непрерывными функциями (без переломов и разрывов). В то же время известно, что задача минимизации любой непрерывной функции на замкнутом ограниченном множестве разрешима. Для этого необходимо выполнение условия первого рода

$$\left. \frac{d}{dm} \left( \frac{\sum^Z R_Z}{\Delta Y} \right) \right|_{m=m_R} = 0. \quad (5)$$

Причем достаточно, чтобы

$$\left. \frac{d^2}{dm^2} \left( \frac{\sum^Z R_Z}{\Delta Y} \right) \right|_{m=m_R} > 0. \quad (6)$$

где  $m_R$  – ресурсосберегающая величина поливной нормы,  $m^3/\text{га}$  пол. или мм/пол.

Поскольку при выполнении ограничений (4) сельскохозяйственные издержки не зависят от величины поливной нормы, условия необходимости (5) и достаточности (6) для целей функции (2) можно представить в более упрощенной форме

$$\left. \frac{d}{dm} \left( \sum^Z R_Z \right) \right|_{m=m_R} = 0. \quad (7)$$

$$\frac{d^2}{dm^2} \left( \sum^z R_z \right) \Big|_{m=m_R} > 0. \quad (8)$$

Решаемая задача оптимизации имеет особенность, которая связана с повышенным статусом экологических ограничений, представленных в виде системы неравенств (4). Поэтому, опираясь на классический подход при отыскании минимума (5), (7), необходимо устанавливать, лежит ли искомый экстремум в пределах (4) или находится за его рамками.

Таким образом, экологически безопасная, ресурсосберегающая норма полива любой сельскохозяйственной культуры должна удовлетворять неравенствам системы (4). Если экстремум (7) будет лежать за установленными границами, следует в обязательном порядке ориентироваться на верхний предел ограничений (4). Здесь и будет находиться искомый минимум расходования ресурсов.

Расчеты показывают, что выполнение условия (7) будет обеспечено, если ресурсосберегающая поливная норма

$$m_R = \sqrt{\frac{D_E \delta_F}{v \delta_w}}, \quad (9)$$

где  $D_E$  – дефицит водопотребления сельскохозяйственной культуры (недостаток естественного увлажнения до нижнего предела регулирования почвенных влагозапасов),  $m^3/\text{га}$ ;  $v$  – количество дополнительных поливов, затрачиваемых на перекрытие дефицита водопотребления и доведение его величины до оросительной нормы (при поливе нормой  $m_R$ ), пол.;  $\delta_F$  – средневзвешенные затраты ресурсов на разовый полив одного гектара площади (МДж/га пол. или руб./га пол.);  $\delta_w$  – средневзвешенные затраты всех ресурсов на подачу одного кубометра поливной воды в почву (МДж/ $m^3$  или руб/ $m^3$ ).

Наличие глобального минимума функции (3) в точке (9) подтверждается выполнением условия (8). Действительно, для всех значений составных элементов

$$\frac{d^2}{dm^2} \left( \sum^z R_z \right) = 2\delta_F \frac{D_E}{m^3} > 0.$$

Общее решение задачи (2) показывает, что для максимальной экономии ресурсов, используемых на орошение, поливная норма должна быть в первую очередь пропорциональна корню квадратному из дефицита водопотребления. Следовательно, в засушливых и жарких условиях поливать необходимо нормой большей, чем при более прохладной погоде. Кроме того, для дождевальных машин, ведущих полив в движении, ресурсосберегающая поливная норма оказывается меньшей, чем для ДМ позиционного действия.

Из выполненного анализа вытекает также вывод о том, что заметного снижения ресурсосберегающей поливной нормы можно добиться, сократив затраты на ремонты дождевальных машин и упорядочив оплату труда операторов-

поливальщиков. Здесь кроется значительный резерв для целенаправленного регулирования величины ресурсосберегающей нормы полива.

Ключевым моментом оптимизации поливной нормы является согласование полученного результата (9) с ограничениями (4). Их соблюдения необходимо и достаточно, чтобы обеспечить заданный водный режим по всей орошаемой площади, исключив потери поливной воды на сток и загрязнение среды. Однако, оптимизированная по (9) поливная норма не всегда сможет удовлетворять условию (4). Но поскольку выполнение последнего должно быть гарантировано, часто возникает необходимость целенаправленного изменения величины ресурсосберегающей нормы полива с тем, чтобы снизить ее до установленного по (4) предела.

Укажем, что как с точки зрения экологии (безопасного природопользования), так и с точки зрения экономики (ресурсосбережения), очень важными факторами корректировки поливной нормы являются высокое качество технического исполнения оросительной системы (включая насосную станцию, напорные трубопроводы, подводящие каналы, дождевальные машины и оборудование), а также безаварийная их эксплуатация. Без качественного технического обеспечения очень сложно добиться снижения затрат ресурсов на орошение, а порой всякие попытки оптимизации режима орошения и вовсе оказываются бесполезными.

Технологии ресурсосберегающего, экологически безопасного дождевания (ресурсосберегающие технологии) отличаются от обычных технологий полива тем, что в обязательном порядке орошение должно вестись экологически безопасной интенсивностью и ресурсосберегающей поливной нормой, рассчитанной по (9) и проконтролированной по (4). Одна из таких технологий, предложенная в Белорусском НИИ мелиорации и луговодства, получила статус изобретения (а.с. 1556591 СССР. Способ полива дождеванием. Бюл. 14, 1990).

Очевидно, что наиболее универсальным будет такой вариант режима, реализация которого по любой технологической схеме работы дождевальных устройств не приведет к отрицательным последствиям. При этом в качестве основного экологического ограничения после выполнения второго и третьего неравенств системы (4) будем считать отсутствие стока поливной воды в почвенные слои ниже расчетного и к грунтовым водам на любом участке орошаемой площади (4г).

Данное требование существенным образом ограничивает величину поливной нормы, которая, как известно, прямо пропорциональна мощности слоя регулирования почвенных влагозапасов.

В свою очередь известно, что глубина проникновения корней растений в значительной мере определяется глубиной промачивания почвы, что открывает возможность целенаправленного воздействия на данный показатель. Следовательно, вполне обоснованным будет некоторое повышение мощности слоя регулирования (против заниженных значений) в легких почвах, но не более глубины расположения капиллярной каймы, что позволяет выравнивать по типам почв объем регулирования влагозапасов для различных сельскохозяйственных культур. Как следствие, при этом выравниваются также и поливные нормы, т.е.

однородный режим орошения площадей с пестрым почвенным покровом вполне допустим.

Под однородным режимом орошения понимается режим с постоянной по всей орошаемой площади поливной нормой. Данный режим орошения наиболее технологичен, вследствие чего наиболее популярен в производственных условиях. Возможен такой режим, в том числе и при сложном, неоднородном почвенном покрове. Требования к нему сформулированы системой неравенств (4).

Особых комментариев требует последнее ограничение системы (4). Условие (4г) сформулировано таким образом, что при его выполнении гарантируется на всей орошаемой площади поддержание почвенных влагозапасов в корнеобитаемом слое строго в заданных пределах при любых типах почв, слагающих данную площадь. Это достигается минимизацией поливной нормы, согласно (4г), до уровня, исключающего внутрпочвенный сток за пределы корнеобитаемого слоя.

Выше рассмотрена методика обоснования величины поливной нормы, обеспечивающей экологически безопасный ресурсосберегающий режим орошения. Еще раз напомним, что после определения ресурсосберегающей нормы полива по (9) необходимо оценить полученную величину с позиций природоохранного эффекта по (4). Если ресурсосберегающая поливная норма (9) выходит за экологически допустимые границы (4), то необходимость безусловной гарантии экологической безопасности полива вынуждает все же планировать и проводить орошение только экологически безопасной поливной нормой, допуская, однако, некоторый перерасход ресурсов. Но тем самым удастся уберечь природу (почву, воду, воздух, агроландшафт, растительный и животный мир) на объекте орошения и на прилегающей территории от нежелательных последствий, в любых условиях обеспечить здесь автоморфный режим почвообразования, сохранив тем самым водно-экологическое равновесие для постоянного воспроизводства потенциально возможного (высокого) почвенного плодородия.

Водно-экологическое равновесие на оросительных системах, характеризуемое ограничениями (4), будет иметь место, если забор воды для орошения из водоисточника в остро засушливые периоды вегетации не превысит установленной санитарной нормы, а следствием орошения не окажутся формирование эрозионно-опасного стока, нежелательное изменение природного режима почвообразования и неблагоприятные изменения водно-солевого режима орошаемых площадей и прилегающих территорий.

В заключение ответим на вопрос, что может произойти, если при проведении дождевания поливная норма будет повышена сверх установленного предела. Причиной может быть желание увеличить глубину промачивания почвы или желание снизить интенсивность работы. Следует предостеречь от подобных экспериментов в производственных условиях, которые могут привести к нежелательным последствиям. Подтверждением тому могут служить результаты исследований П.И. Кузнецова (ВНИИГиМ), который установил, что на суглинистых почвах при поливе нормой 550...600 м<sup>3</sup>/га с интенсивностью 0,4 мм/мин поверхностный сток достигает 25...30% от нормы полива. Это ограничивает про-

мачивание почвы до 30...-40 см. Дальнейшее повышение поливной нормы только увеличивает поверхностный сток, не способствуя росту глубины промачивания.

Что касается более тяжелых по гранулометрическому составу почв, то влияние уклона сказывается тем раньше и значительнее, чем меньше водопроницаемость почвы. Не случайно В.Ф. Носенко и И.С. Остапов (ВНИИ "Радуга"), предостерегают от нарушений технологии дождевания, которые в основном сводятся к завышению поливных норм.

Если же по какой-то причине возникает жесткая необходимость увеличения нормы полива, то следует помнить о двух последствиях данного шага. Во-первых, автоматически снижается нижний предел регулирования почвенных влагозапасов на орошаемой площади и, как следствие, – падает эффективность полива. Во-вторых, следует еще раз проверить выполнение экологических ограничений (4). При их нарушении необходимо срочно предпринимать соответствующие организационно-технологические или агротехнические меры.

Таким образом, при проведении полива в производственных условиях следует точно придерживаться установленных требований к нормативам функционирования оросительных систем, гарантирующим водно-экологическое равновесие. Причем наиболее важно при практическом орошении тщательно выдерживать безопасную интенсивность дождевания и заданную величину поливной нормы. Именно в этом и состоят требования к экологически безопасному, ресурсосберегающему режиму орошения.

УДК 631.6

## **МЕЛИОРАЦИЯ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

М.С. Григоров, С.М. Григоров

Волгоградская сельскохозяйственная академия, Волгоград, Россия

В Волгоградской области стало применяться орошение на местном стоке еще в восемнадцатом веке. В начале XX века Б.А.Шумаков, будучи студентом, во время практики у помещика Жеребцова построил орошаемый участок, о котором сделал доклад на мелиорационном съезде.

В восьмидесятых годах прошлого столетия орошение в области бурно развивалось. В РСФСР ежегодно вводилось в эксплуатацию более 150 тыс. га орошаемых земель, в том числе в Волгоградской области около 50 тыс.га. Площадь орошаемых земель в области возросла до 430 тыс. га в 1990 году. Наряду с регулярным орошением расширялись площади лиманного орошения, как наиболее дешевого и простого в устройстве способа.

Рост площадей орошаемых земель вызвал расширение научных разработок новых технологий полива, совершенствования режимов орошения, техники и способов полива. В Волгоградском СХИ был открыт гидромелиоративный факультет, расширились проектные институты, был открыт Волгоградский комплексный отдел ВНИИГиМ.

Создали Волжский НИИ орошаемого земледелия, преобразованный во Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, который возглавил академик РАСХН И.П. Кружилин.

С поливного гектара стали получать урожай в 4 раза больше, чем с богарного. Стабильно область сдавала государству более 300 тыс. тонн овощей, перестали завозить корма для животноводства из других областей, так как орошаемые земли устойчиво обеспечивали развивающееся животноводство.

Разработка и совершенствование конструкций оросительных систем и новых водосберегающих технологий привели к созданию в нашей области Поволжского НИИ эколого-мелиоративных технологий, а гидромелиоративный факультет был преобразован в эколого-мелиоративный. Все это осуществлено в связи с тем, что бурные темпы строительства оросительных систем и ввод больших площадей орошаемых земель вызвал некоторые негативные явления по ухудшению экологии.

Значение орошения в области и теперь не снижается, так как 100 % овощей получают только при орошении, 70-75% плодовых и кормовых культур. Следует отметить, что самые дешевые корма для животноводства получают при лиманном орошении.

Наряду с орошением улучшаются условия жизни в населенных пунктах, куда подается вода для питьевого водоснабжения и водоснабжения животноводства. Население Заволжских степей с приходом воды увеличилось. Построены не только диспетчерские дороги параллельно каналам, но и дороги, связывающие населенные пункты с районным и областным центрами.

Область расположена в зоне явно недостаточного увлажнения и поэтому орошение решает не только задачу продовольственной независимости, но и социально-экономические вопросы, подавая воду в острозасушливые районы области, а также в Казахстан и Калмыкию.

Развитие орошения улучшило условия для расширения садово-огородных и дачных участков пригородных зон Волгограда, Волжского, Камышина, куда подается вода в вегетационный период.

Поддерживая экологическое и санитарное состояние зоны отдыха горожан - Волго-Ахтубинскую пойму, - в меженный период ежегодно подается вода, что существенно снижает негативные последствия в засушливые годы не только для населенных пунктов и баз отдыха.

В настоящее время в связи со значительным уменьшением финансирования площадь орошаемых земель в области уменьшилась до 265 тыс.га, а также снизилась и продуктивность орошаемого земледелия. В 1990 году с поливного гектара получали более 4 тысяч кормовых единиц, то в 2000 году - менее 3 тысяч.

Из 265 тыс.га поливается менее 180 тыс.га из-за того, что стоимость электроэнергии не позволяет подавать нужного объема воды. Поэтому назрела необходимость шире применять водосберегающие технологии орошения, для чего необходимо шире использовать такие способы орошения, как внутрпочвенное и капельное, что и осуществляется.

Внутрпочвенное и капельное орошение применяются для полива садов, виноградников, овощных культур. Особенно стали применять внутрпочвенное

орошение фермеры. При этом способе орошения экономится оросительная вода в 2 раза по сравнению с дождеванием. При дождевании до 30% воды испаряется в полете, так как, особенно в Заволжье, часты ветры и влажность воздуха опускается до 9%. Кроме этого вода испаряется с вегетативной массы растений и с поверхности почвы.

Эти явления отсутствуют при внутрипочвенном орошении. При дождевании и поверхностных способах полива семена сорняков всходят, а при внутрипочвенном орошении верхний слой почвы 5-7 см остается сухим и семена сорняков не могут взойти, что снижает число прополок.

При дождевании дальнеструйными машинами диаметр капель и скорость их выпадения велика, это разрушает структуру верхнего слоя почвы, чего нет при внутрипочвенном орошении, и при этом не создается корка, как при поливах по полосам.

Увлажнение осуществляется капиллярным путем, что не подавляет деятельность полезных почвенных бактерий - прежде всего нитрифицирующих, и поэтому созревание культур происходит на 10-12 дней раньше, чем при поверхностных способах полива и дождевании, а это создает условия получения ранних и поукосных культур, что снижает срок окупаемости систем внутрипочвенного орошения. Воздухообмен активного слоя почвы при внутрипочвенном орошении осуществляется лучше, чем при других способах полива, а уплотнение верхнего слоя отсутствует, что также способствует повышению урожая и его качества.

Особо следует отметить, что только при внутрипочвенном орошении можно вести обработку посевов в поперечном направлении и даже во время проведения поливов, так как почва верхнего слоя не увлажняется.

С экологической точки зрения, внутрипочвенное орошение выгодно отличается от остальных способов полива при использовании сточных вод. При этом способе орошения сточная вода не соприкасается с поверхностью почвы и вегетативной массой растений, а получаемую продукцию можно употреблять в пищу человеку и на корм животным без термической обработки, так как болезнетворные и канцерогенные организмы тоже отсутствуют.

Весьма эффективно внутрипочвенное орошение в теплицах, где при других способах отмечается высокая влажность воздуха, и овощные культуры семейства пасленовых поражаются грибковыми заболеваниями, что требует обработки ядохимикатами, а это ухудшает условия труда в теплицах, качество воздуха в теплицах существенно снижается.

Аналогичные условия при поливах сточной водой, особенно при поливах дождеванием. Болезнетворные микроорганизмы разносятся на расстоянии более 1,5 км. При внутрипочвенном орошении яйца гельминтов и другие болезнетворные бактерии на поверхности почвы отсутствуют, верхний слой почвы сухой, что улучшает условия работы поливальщиков.

При внутрипочвенном орошении поливальщик становится оператором и в его обязанности входит открытие и закрытие задвижек, а производительность его труда значительно выше, чем при других способах полива. Процесс полива легко автоматизировать.



Затраты на строительство все еще высоки, но их можно снизить, применяя бестраншейные укладки труб-увлажнителей. Срок службы систем внутрпочвенного орошения не менее 30 лет, что вполне позволяет окупить затраты на строительство за 4-6 лет и дальше получать прибыль, так как эксплуатационные затраты значительно ниже, чем при других способах полива.

Всегда стремились, чтобы при внутрпочвенном орошении не было гравитационного увлажнения, вызывающего подъем уровня грунтовых вод и ведущего к ухудшению мелиоративного состояния орошаемых земель. Поэтому добивались не сосредоточенного выхода воды из внутрпочвенных увлажнителей, а через микроотверстия или через пористое тело труб.

Микроотверстия часто забивались взвешенными наносами, планктоном и солями. Приходилось осуществлять раскопы и промывки, прочистки. Это было трудно и дорого. Увлажнительные линии подняли на поверхность, и таким образом путем совершенствования внутрпочвенного орошения родилось капельное орошение, которое находит все более широкое распространение. Наибольшее распространение капельное орошение нашло в Израиле, но в последние годы этот способ все шире применяется в России и странах СНГ.

На Волгоградском заводе оросительной техники разработаны и уже применяются фильтры для капельного орошения более дешевые, чем в Израиле.

Капельное орошение выгодно тем, что экономится оросительная вода, значительно снижается коркообразование, а воду можно подавать непосредственно к штамбу дерева или виноградного куста, а также к стеблю овощных культур.

Есть у этого способа и недостатки, которые сводятся к необходимости тонкой очистки поливной воды. Полиэтиленовые трубки под действием солнечных лучей стареют и становятся хрупкими - срок их службы снижается. Нельзя закрывать глаза и на нашу действительность. Ведь трубы раскладываются на поверхности и их воруют, а каждая разборка в конце оросительного сезона и сборка весной требует затрат времени и трудовых ресурсов, что повышает стоимость.

В связи с дороговизной материалов при дождевании, которое в нашей области наиболее широко применяется, высокой стоимостью эксплуатации и электроэнергии, а также износа оборудования и сокращением в десятки раз выпуска дождевальной техники пришлось возвращаться к поверхностным способам полива, как наиболее дешевым и простым в устройстве.

Для культур сплошного сева применяются поливы по полосам. При хорошей выравненности поверхности ширина полосы равна трехкратной ширины захвата сеялки, что снижает затраты на возведение валиков. При недостаточно тщательной планировке ширина полосы равна ширине захвата сеялки, что увеличивает затраты на возведение валиков. Тщательная планировка дорожка, да и длиннобазовые планировщики уже тоже не выпускаются. Если есть поперечный уклон, то вода скатывается к одному валику и снижается равномерность увлажнения по площади, что ведет к уменьшению урожая и его пестроты. Поэтому по качеству полив по бороздам более эффективен, и он применяется для пропашных культур и главным образом для овощных культур. В процессе полива по полосам воздух вытесняется из активного слоя почвы и приостанавлива-

ется развитие растений. После полива влага в почве перераспределяется, процессы нитрификации возобновляются. При поливах по бороздам межбороздное пространство увлажняется капиллярным путем, что значительно меньшей степени угнетает полезные почвенные бактерии. При этом способе полива требования к поперечному уклону ниже, чем при поливах по полосам.

Однако следует отметить, что дождевание в Поволжье получило распространение не без оснований. Еще в 1875 году Аристов применил здесь впервые искусственное дождевание. При дождевании увлажняется не только почва, но и приземный слой воздуха, что способствует раскрытию устьиц растений и поглощению углекислоты из воздуха, а это способствует нарастанию биомассы.

## ***ТЕОРИЯ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ***

УДК 631.6:502.62

### **КРИТЕРИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ**

И.П. Айдаров

Россельхозакадемия, Москва, Россия

Многообразие окружающего нас мира требует комплексного изучения фундаментальных понятий о природной среде, которая представляет собой единую организованную систему (ландшафт, геосистема), состоящую из ряда взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов (приземный слой атмосферы, биота, почва, подземные и поверхностные воды). К сожалению, долгое время этот очевидный факт при решении вопросов природопользования практически не принимался во внимание. При обосновании различных видов мелиораций природную систему не рассматривали как целостную систему, поэтому из поля зрения выпадали основные свойства ландшафтов и их изменение в процессе деятельности (открытость, структура, целостность, функционирование и др.), а, следовательно, и причинно-следственные связи (причина – процесс – следствие).

Начиная с 1980-85 гг. при обосновании мелиорации сельскохозяйственных земель стали учитывать не только увеличение урожайности и объемов производства сельскохозяйственной продукции, но и требование сохранения плодородия почв, рационального использования и охраны других природных ресурсов [2, 3]. Совокупность показателей, отражающих требования к регулируемым факторам почвообразования, роста и развития растений и охраны природной среды, была названа мелиоративным режимом и включала регулирование биологического и геологического круговоротов воды и химических веществ, обеспечивающих увеличение эффективного плодородия почв и сведение к минимуму негативного влияния орошения и осушения земель на природную среду [4].

Это было, несомненно, важным шагом в развитии мелиорации сельскохозяйственных земель.

В современных условиях, когда улучшение природной среды стало одной из общегосударственных целей, критерии экологической безопасности должны быть существенно расширены по сравнению с критериями оценки мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых земель. Они должны включать критерии оценки состояния не только отдельных компонентов, но и ландшафтов в целом. К числу таких критериев следует отнести коэффициент экологической стабильности, т.е. способность ландшафтов сохранять свои основные свойства (целостность, функционирование и динамику), при внешних воздействиях. Коэффициент экологической стабильности учитывает структуру биотических и абиотических элементов ландшафта, их экологическую значимость и определяется как [1]:

$$K_c = \frac{\sum_1^n f \cdot k_1 \cdot k_2}{w} \quad (1)$$

где:  $K_c$  – коэффициент экологической стабильности ландшафта;  $f$  – площади биотических и абиотических элементов, входящих в состав ландшафта, в % от общей площади ландшафта;  $k_1$  – относительная экологическая значимость отдельных элементов;  $k_2$  – коэффициент геолого-морфологической устойчивости рельефа ( $k_2 = 1$  – стабильный;  $k_2 = 0,7$  – нестабильный, например рельеф песков, склонов, оползней);  $w$  – площадь рассматриваемого ландшафта,  $w = 100\%$ .  
Оценку экологической стабильности ландшафтов целесообразно проводить в соответствии со следующей шкалой:  $K_c \leq 0,33$  – нестабильный;  $0,34-0,50$  – малостабильный;  $0,51-0,66$  – среднестабильный и  $> 0,66$  – стабильный [1]. Коэффициент ( $k_1$ ), характеризующий экологическую роль различных биотических элементов в формировании экологической стабильности ландшафта, определяется в зависимости от типа и продуктивности растительного покрова, основных свойств и плодородия почв как биогеохимических барьеров. При определении относительной экологической значимости биотических элементов ( $k_1$ ) за единицу принимают почвы степных дубрав, являющиеся наиболее мощным биогеохимическим барьером. Значения ( $k_1$ ) для ряда биотических элементов приводятся в работе [1]. Следует однако отметить, что эти значения ( $k_1$ ) приведены в целом по стране и не учитывают особенности почвенно-климатических и хозяйственных условий различных природных зон.

В таблице 1 показаны результаты расчетов коэффициентов относительной экологической значимости биотических и абиотических элементов агроландшафтов для разных природных [6, 7, 8].

Приведенные в таблице 1 данные показывают, что пашня как биотический элемент во всех природных зонах характеризуется очень низким значением коэффициента относительной экологической значимости. Объясняется это отчуждением значительной части производимой биомассы с урожаем, ликвидацией подстилки, ухудшением свойств почвы как биогеохимического барьера и тем, что культурные растения не обладают достаточной внутренней устойчиво-

стью и по определению не могут играть существенной роли в обеспечении экологической стабильности ландшафтов [5].

Таблица 1. Коэффициенты относительной экологической значимости

Биотические и абиотические элементы ландшафта	Природно-климатическая зона					
	Северная тайга	Южная тайга	Лесостепная	Степная	Сухостепь	Полупустынная
Леса	0,48	0,80	0,84	1,00	-	-
Луга	0,40	0,60	0,80	0,95	0,70	0,20
Сенокосы	0,38	0,58	0,78	0,93	0,66	0,18
Пастбища	0,39	0,59	0,79	0,94	0,67	0,19
Пашня	0,08	0,11	0,13	0,15	0,11	0,06
Населенные пункты и промзоны	-3,0	-2,0	-1,5	-1,0	-1,2	-2,0

Таким образом, при оценке экологической безопасности агроландшафтов необходимо учитывать структуру их использования (состав и соотношение различных биотических и абиотических элементов). Иными словами, необходима оптимизация структуры ландшафтов как основы хозяйственной деятельности. [5]. Проблема эта чрезвычайно сложна и до настоящего времени не разработана. Попытки обоснования оптимальной структуры природно-хозяйственных ландшафтов были предприняты Одумом (1987 г) и Реймерсом (1994 г). В качестве критерия оптимизации принималось максимальное значение суммарного эколого-социально-экономического эффекта [9, 11].

Выполненные нами расчеты, учитывающие социально-экономический эффект от сельскохозяйственного использования почв, а также экологические ущербы, связанные со снижением природного плодородия почв, уменьшением общих запасов органического вещества и биоразнообразия в агроландшафтах, изменением режима и загрязнения водных ресурсов, позволили в первом приближении установить допустимые площади пашни по разным регионам страны [6].

Понятие экологической стабильности можно с известным упрощением использовать и для оценки внутренней устойчивости агроценозов в зависимости от степени отчуждения биомассы с урожаем. Для этого можно использовать логистическое уравнение, записанное в дискретном виде [10]:

$$N_{t+1} = N_t \cdot [1 + r(1 - \frac{N_t}{k})] \quad (2)$$

где:  $N_{t+1}$  и  $N_t$  – биопродуктивность с интервалом в 1 год, т/га;  $k$  – потенциальная продуктивность, т/га;  $r$  – коэффициент, учитывающий степень нарушения баланса органического вещества в почве и равный отношению биопродуктивности к возврату органики в почву.

Уравнение (2), несмотря на его простоту, учитывает особенности биологических процессов и позволяет оценить внутреннюю устойчивость агроценозов

во времени только за счет нарушения природного баланса органики в почве (без учета климатических флуктуаций). Степень внутренней устойчивости агроценозов оценивается по величине коэффициента вариации биопродуктивности. Выполненные расчеты показали, что для сохранения внутренней устойчивости агроценозов предельный объем отчуждения биомассы с урожаем не должен превышать 20-30 % от объема производимой биомассы, а это означает необходимость использования пожнивных остатков для мульчирования почвы. При отчуждении от 30 до 70 % биомассы с урожаем агроценозы становятся неустойчивыми, а при отчуждении > 70 % - начинаются процессы опустынивания.

#### Литература

1. Агрэкология, М, Колос, 2000.
2. Айдаров И.П. Регулирование водно-солевого и питательного режимов орошаемых земель, М, ВО Агропромиздат, 1985.
3. Айдаров И.П., Голованов А.И. Мелиоративный режим орошаемых земель и пути его улучшения. Гидротехника и мелиорация, 1986, N8.
4. Айдаров И.П., Голованов А.И., Никольский Ю.Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель. М, ВО Агропромиздат, 1990.
5. Айдаров И.П. Перспективы развития комплексных мелиораций в России, М, 2004.
6. Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. Л, Наука, 1971.
7. Будыко М.И. Глобальная экология, М, Мысль, 1977.
8. Одум Ю. Основы экологии. Пер. с англ. М, Мир, 1987.
9. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса, М, Прогресс, 1986.
10. Реймерс Н.Ф. Экология. Теория, законы, правила, принципы и гипотезы. М, Россия молодая, 1994.

УДК 631.527.004

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Н.С. Быстрицкая

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Резкое сокращение с начала 90-х годов финансирования мелиоративных мероприятий, равно как и выделения средств на содержание мелиоративных и водохозяйственных объектов, обусловило современное кризисное состояние отрасли. Управления осушительно-оросительных систем (УОС), 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 осуществляется, в основном, за счет бюджетных ассигнований. За последние годы большинство сельскохозяйственных предприятий лишилось не только собст-

венных средств, но и инвестиционных источников. И это при условии, когда ежегодное выбытие основных фондов более чем в 4 раза превышает их ввод. Происходит планомерное разложение не только производственной, но и непромышленной сферы АПК, которая и так была недостаточно сильна.

В условиях развивающегося в нашей стране рынка сохранение полностью бюджетного финансирования может носить лишь временный характер, соответственно, необходимо решать вопрос об источниках и способах финансирования водно-мелиоративной деятельности.

В общей структуре мелиоративных фондов ведущее место (39 % от общей балансовой стоимости) занимают государственные оросительные системы (госсистемы), включающие в себя как межхозяйственную, так и внутрихозяйственную сеть. Значительную долю от общей стоимости фондов оросительных систем России составляют хозяйственные системы (26,5%). Эти системы, как правило, построены на средства хозяйства или находятся на их балансе.

Использование значительной части мелиоративных фондов целесообразно в форме коллективной собственности, что определяется спецификой их функционирования, заключающейся в неделимости технологических и административно-территориальных границ управления объектов, а также наличии большой доли пассивных фондов. В первую очередь это касается оросительных и осушительных систем.

В результате приватизации было нарушено это требование. Инженерно оборудованные орошаемые и осушаемые земли в большинстве регионов переданы в собственность хозяйств (до 60% напорной и дренажной сети, более 80% дождевальными машинами). Обслуживающие хозяйства межхозяйственные и магистральные каналы, водозаборы и др. отнесены к собственности государства. Подобная практика нанесла существенный урон техническому состоянию мелиоративных систем, так как эксплуатация внутрихозяйственной сети по существу прекратилась.

В новых условиях допустимы различные формы собственности (государственной, акционерной) на межхозяйственную сеть, которые обеспечивали бы ее нормальное функционирование в условиях коллективного использования. Статус собственности ирригационных сооружений и каналов, степень, до которой они должны быть переданы водопользователям или сохранены за государством, условия их использования требуют государственного регулирования.

Преобразования структуры управления эксплуатацией мелиоративных систем должны проводиться, на наш взгляд, на уровне управлений оросительных систем, ПМК, ремонтно-эксплуатационных управлений, специализированных заводов и предприятий путем объединения их в Ассоциации по водно-мелиоративной деятельности. Оптимальным является вариант создания такой ассоциации, при которой комплекс учредительных работ завершается приватизацией водохозяйственного предприятия, обслуживающего крестьянские хозяйства-члены ассоциации.

Ассоциация должна быть юридическим лицом. Объектами ее деятельности являются эксплуатация межхозяйственной и внутрихозяйственной сети, включая ее реконструкцию и развитие, распределение и подача воды на нужды во-

допользователей, охрана водных и земельных ресурсов. При ассоциации создается Совет водопользователей.

Водохозяйственные предприятия (Управления оросительных систем) по организационно-правовой форме могут быть государственными предприятиями, образуемыми на праве оперативного управления и принципах производственной самостоятельности. Согласование и увязка интересов территориальных, республиканских и федеральных органов и организаций обеспечивается хозяйственным механизмом управления и соответствующими нормативами. В круг их задач должно входить:

- оказание основных видов услуг, направленных на создание надлежащих условий для водообеспечения, охраны вод и предотвращения их вредного воздействия, выполнение функций заказчика на новое строительство;
- согласование планов водопользования;
- производственный контроль водопользования, в том числе, сброса сточных вод;
- перспективное и текущее планирование водохозяйственной ремонтно-эксплуатационной деятельности на обслуживаемой территории;
- финансовое планирование мероприятий по содержанию и эксплуатации водохозяйственных систем;
- выполнение других водохозяйственных работ, соответствующих целям и задачам предприятия.

Отношения с абонентами регулируются договорами. Экономический механизм строится исходя из необходимости обеспечения финансовыми ресурсами мероприятий, проводимых в зоне деятельности предприятия. Источником доходов, возмещения затрат и финансирования всех видов деятельности предприятия является выручка от реализации результатов производственной деятельности (продукции, работ, услуг). Получаемый доход обеспечивает покрытие производственных затрат, возможность расширения хозяйственной деятельности, выполнение налоговых обязательств.

В рыночных условиях выручка или доход должны формироваться за счет оплаты услуг водопользователями, т.е. от поступающих от них платежей за воду. За рубежом в целом все внутрихозяйственные оросительные сети и используемая техника поливов финансируются непосредственно водопользователями, которые в ряде стран могут получать у государства кредиты. В то же время считается, что орошение является чисто производственным фактором повышения производительности сельского хозяйства, и поэтому водопользователи должны принять участие в покрытии более или менее значительной части всех расходов. Эта модель нашла весьма широкое распространение как в промышленно развитых, так и в развивающихся странах.

Однако в России выбор стратегии коммерциализации водохозяйственных предприятий должен включать в себя установление допустимого удорожания сельскохозяйственного производства на орошаемых землях и установление организационно-экономических путей осуществления выплат сельскохозяйст-

венных предприятий за услуги по водоподаче, при которых удорожание сельскохозяйственной продукции не превысит допустимый уровень.

Введению платного водопользования должно предшествовать решение ряда проблем:

1. Совершенствование системы управления водными ресурсами.
2. Оснащение оросительных систем водомерными устройствами.
3. Утверждение соответствующими органами раздельного учета производства продукции на орошаемых и богарных землях.
4. Ликвидация диспаритета цен на сельскохозяйственную и промышленную продукцию.
5. Обеспечение участия государства в компенсации части затрат сельскохозяйственных предприятий, связанных с платой за воду.

В отношении финансирования работ по содержанию и эксплуатации внутрихозяйственной сети наиболее предпочтительной является схема, при которой водопользователи оплачивают проведение работ и содержание осуществляющей их организации на договорной основе.

Функции организации работ по проектированию и строительству (функции заказчика) водохозяйственных объектов в хозяйствах-членах ассоциации и создания собственной производственной инфраструктуры целесообразно передать создаваемым территориальным ассоциациям.

Государственное участие обеспечивается с помощью:

-методов регулирования: бюджетное целевое финансирование, льготное кредитование и налогообложение,

-методов стимулирования, базирующихся 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.

УДК 631.671:631.43:556.01

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ НАУЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГЕОСИСТЕМЫ**

С.Д.Исаева

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Десятилетия на рубеже XX и XXI века характеризуются увеличением количества природных и природно-техногенных катастроф в мире. Суммарная величина экономических потерь за последние 35 лет в мире составила 895



млрд.дол. (В.И.Осипов, 2003). Причины этого явления заключены в современных особенностях развития природных, социальных и техногенных процессов на планете, тесно взаимоувязанных между собой (А.Л.Чижевский, 1976; В.И.Осипов, 2003 и др.). Поиск путей снижения природно-антропогенной напряженности на планете и обеспечение устойчивого развития человечества является комплексной проблемой, решение которой находится в различных сферах активности человека. Важное значение имеет рациональное ограничение антропогенных воздействий на природную среду и снижение их отрицательного воздействия. В России Законом "Об охране окружающей среды" в соответствии с международным правом принято положение о "...презумпции экологической опасности хозяйственной и иной деятельности" (ст.3РЗ от 26.12.01). Предусматривается обязательность проведения экологической экспертизы для установления (по результатам оценки воздействий на окружающую среду) соответствия намечаемой хозяйственной деятельности экологическим требованиям. При реализации техногенных воздействий та же цель достигается при проведении экологического аудита.

Мелиоративная деятельность всегда предполагала адаптацию мероприятий к условиям природной среды. В последние годы интенсивно развивается адаптивно-ландшафтный подход к обоснованию комплексных мелиораций. Однако опыт мелиорации, обширные научные данные свидетельствуют о необходимости расширения предметной области исследований при обосновании принятия решений по развитию мелиоративного и водохозяйственного воздействия и рассматривать функционирование мелиоративных систем, их взаимодействия с природной средой на фоне общих законов развития Земли как космического тела с учетом общенаучных принципов устойчивости биосферы. Гелиокосмические и геологические особенности развития планеты, поверхностного слоя литосферы в ряде случаев определяют опасность развития негативных экологических процессов при водохозяйственном и мелиоративном воздействии. Глубинные геологические и гидрогеологические факторы во многом определяют устойчивость природной среды к гидромелиоративному воздействию.

Для создания экологически безопасных и экономически эффективных гидромелиоративных систем необходимо совершенствование методологии научного обоснования водохозяйственного и мелиоративного воздействия. В основе новой методологии – применение междисциплинарного геосистемного подхода для обоснования экологически допустимых и экономически эффективных техногенных воздействий (С.Д.Исаева, 2003,2004). С использованием предлагаемого подхода снижение неопределенности в процессе принятия планово-проектных решений возможно при оценке устойчивости геологических систем (геосистем) к планируемой нагрузке, природной опасности и экологических рисков на основе исследования строения и функционирования геологических систем. Основными научно-методическими положениями геосистемного подхода к обоснованию рациональной водохозяйственной и мелиоративной нагрузки являются:

- выделение иерархии геосистем в качестве объекта воздействия гидромелиораций;

- усиление внимания к глубинным геологическим и гидрогеологическим факторам, особенностям строения и функционирования геосистем;

- системное рассмотрение мелиорируемых территорий, крупных каналов, водохранилищ и геологических систем с учетом их взаимодействий как нового единого объекта исследований;

- понимание, что гидромелиоративные процессы, их ускорение или замедление в этих новых объектах связаны с природными процессами и явлениями общепланетарного характера;

- анализ и выявление закономерностей влияния гелиокосмических и геофизических факторов на формирование и развитие геосистем;

- учет циклического характера развития всех биосферных и геологических процессов;

- формирование и использование комплекса моделей и методов для получения обобщенного представления о формировании устойчивости природной среды, для оценки экологической устойчивости геосистем, опасности и риска развития негативных процессов.

Основные принципы исследований при реализации геосистемного подхода для обоснования принятия решений по развитию комплексных мелиораций:

- системность и междисциплинарность исследований с участием специалистов-мелиораторов, гидрогеологов, геологов, почвоведов, инженер-геологов, гидрологов, экономистов, экологов, геофизиков, геохимиков;

- учет природных и социально-экономических особенностей территории, современного и прогнозного состояния окружающей среды;

- обязательность учета требований экологической безопасности природной среды.

- выбор эффективного решения на основе многовариантных расчетов (сценарных исследований);

- комплексность оценки последствий техногенного воздействия на окружающую среду и социально-экономических последствий реализации мелиоративных мероприятий.

Знания, получаемые в процессе геосистемных исследований позволяют сформировать комплекс моделей, на основе которых и выполняется оценка экологической устойчивости, опасности и рисков. Комплекс включает структурно-функциональные (вербально-графические) модели, раскрывающие закономерности строения и функционирования геосистем; прогнозные (вероятностно-детерминированные), позволяющие прогнозировать поведение геосистемы в процессе предполагаемых воздействий; оптимизационные модели, позволяющие рассчитать оптимальные варианты воздействий с учетом эколого-экономических критериев эффективности получаемого решения.

Структурно-функциональные модели позволяют выявить источники экологической опасности, определить показатели устойчивости, обосновать факторы прогноза, выбрать математические модели для реализации прогнозных оценок рисков для геосистем разных иерархических уровней в условиях техногенной нагрузки. Основными методами оценки экологической опасности

(рис.1) являются факторный анализ; экспертные оценки возможной опасности развития экологически неблагоприятных процессов и ранжирование факторов опасности; типизация условий по степени инерционности к проявлению опасных процессов (С.Д.Исаева, 2001, 2003); районирование по степени опасности развития экологически неблагоприятных процессов (на основе бальной оценки).

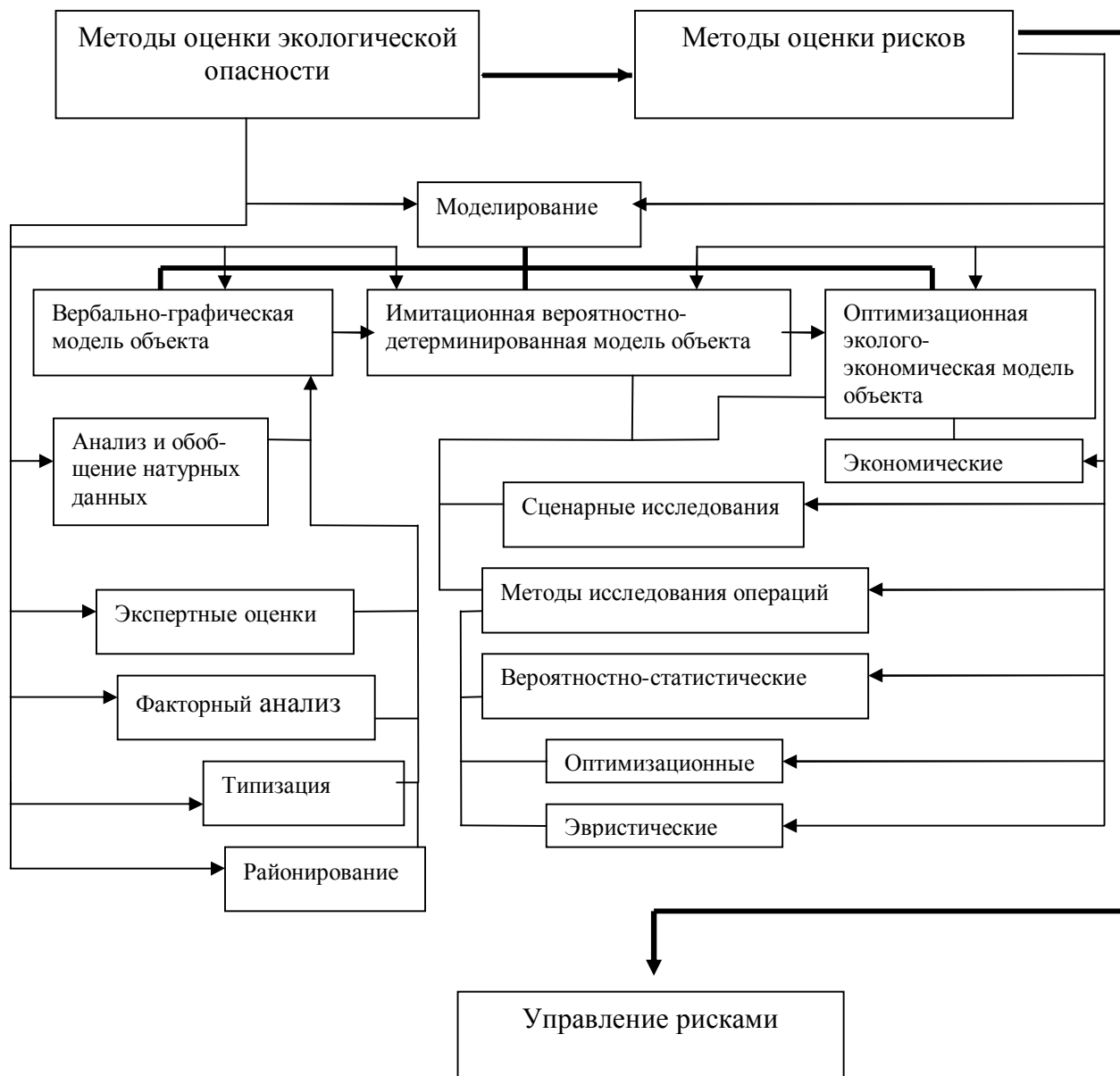


Рис.1. Система методов оценки экологической опасности и риска при исследовании экологической устойчивости геосистем к мелиоративному и водохозяйственному воздействию

Результаты структурно-функционального моделирования и оценки опасности используются для прогнозной оценки экологических рисков при разных вариантах нагрузки. При оценке рисков используются методы исследования операций (вероятностно-статистические, эвристические, оптимизации) и сценарные исследования. На основе вероятностно-детерминированных моделей выполняются прогнозы, позволяющие прогнозировать поведение геосистем и

их компонентов в процессе реализации мелиоративной и водохозяйственной нагрузки разной интенсивности. Моделирование геофильтрации в существующих и наиболее используемых программных системах (Modflow, SIMGRO, MikeShi и др.) основано на решении систем дифференциальных уравнений массопереноса в насыщенной и ненасыщенной зонах. Для моделирования может быть использована программная система Processing Modflow 5 (PM 5) (W. H. Chiang and W. Kinzelbach, 1992), созданная для описания и прогноза закономерностей режима грунтовых и артезианских вод. Система позволяет имитировать работу скважин, дрен, различных гидродинамических границ, инфильтрационного питания и эвапотранспирации. В настоящее время в пакет PM 5 дополнительно включены программы и модель конвективного массопереноса многопластового массопереноса, пакеты автоматической калибровки моделей и решения обратных задач. Данные моделирования массопереноса могут быть использованы для анализа состояния и роста сельскохозяйственных культур на основе математическими моделями, которые позволяют учитывать в процессе моделирования состояние почвы и посевов, метеоусловия, агротехнические факторы и др. (В.Г. Головатый, Ю.П.Добрачев, И.Ф.Юрченко, 2001).

По данным моделирования при одновременном развитии нескольких неблагоприятных процессов (интенсивного подъема уровня грунтовых вод, развития засоления, эрозии и др.) в пределах площади геосистемы в качестве интегрального показателя риска принимается среднегеометрическая вероятность развития неблагоприятных процессов.

Результаты прогноза служат основой для выполнения оптимизационных расчетов по обоснованию водохозяйственного воздействия с учетом установленных экологических ограничений и принятой величины приемлемого экологического риска (численного значения риска, при котором возможны локальные негативные экологические явления, но устойчивость геосистемы в целом еще не нарушена (М.В.Болгов,1995; Е.С. Дзекцер 1994)). При экспертной оценке величины приемлемого риска задание относительно завышенного уровня качества природной среды и уменьшение значения приемлемого риска на уровне проектных решений является одним из средств управления рисками. Этот завышенный уровень качества может быть интерпретирован как определенный запас прочности, страхующий от неопределенных экологических последствий в виде деградации природной среды при мелиоративном и водохозяйственном воздействии. На основе прогнозных оценок риска определяются допустимые пределы антропогенных нагрузок на геосистему.

Результаты моделирования используются при построении оптимизационных эколого-экономических моделей для сценарной оценки экономической эффективности инвестиционных проектов. Учитываются установленные экологические ограничения на техногенную нагрузку и состояние окружающей среды (В.Е.Райнин, 2002, С.Д.Исаева, 2003, П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц, С.А.Смоляк, 2001и др.). Критерием экономической эффективности мелиоративных инвестиционных проектов в соответствии с РД-АПК 3.00.01.003-03 может быть принята величина чистого дисконтированного дохода. При оптимизации параметров инвестиционных проектов приемлемый риск сочетает в себе

технические, экономические, социальные, политические категории и представляет определенный компромисс между реальным уровнем риска и возможностями его предотвращения, между уровнем безопасности и возможностями его достижения.

Предложенный междисциплинарный подход к научному обоснованию мелиоративной и водохозяйственной деятельности на основе исследований закономерностей строения и функционирования геологических систем с оценкой их экологической устойчивости, опасности и рисков позволяет обосновать экономически эффективные и экологически безопасные инженерные решения на новом методологическом уровне.

УДК 631.6:626/627

## **ОЦЕНКА СУММАРНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УЩЕРБОВ ПРИ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Н.П. Карпенко, Д.А. Манукьян

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Природно-технические системы (ПТС) представляют собой совокупность взаимосвязанных природных компонентов и инженерных сооружений, функционирование которых основано на сложных внутрисистемных и межсистемных связях. В то же время эти системы являются объектами определенного экологического риска возникновения негативных последствий при их функционировании, которые снижают экологическую безопасность.

Рассматривая функционирование природно-технических систем необходимо отметить, что структура таких сложных комплексных систем состоит из двух взаимодействующих подсистем – биотической и абиотической. В результате функционирования ПТС происходит трансформация отдельных компонентов геосистем, в результате которой мы сталкиваемся с экологическими рисками возникновения негативных последствий, которые необходимо оценивать и прогнозировать.

Под экологическим риском принято понимать вероятность нарушения устойчивости окружающей среды при любых преднамеренных и непреднамеренных воздействиях на нее хозяйственной деятельности [6]. Предлагается использовать показатель суммарного экологического риска, который рассматривается как вероятность возникновения неблагоприятных для человека и среды обитания негативных последствий, происходящих в средообразующих и ресурсовоспроизводящих компонентах.

Структура экологического риска ( $R$ ) при функционировании ПТС может быть определена как вероятность возникновения в окружающей человека природной среде негативных последствий, вызываемых развитием природно-антропогенных процессов и приводящих к экологическим ущербам ( $U$ ).

Вероятность возникновения негативных последствий связана со спецификой природно-технической системы, определяемой ее целевым назначением (мелиоративное, гидротехническое, сельскохозяйственное и др.), и включает

определенный набор воздействий на природную среду, особенности которого связаны с орошением, осушением, внесением удобрений, изъятием водных ресурсов и т.д., а также с качеством и износом инженерных сооружений.

На величину возможного ущерба влияют интенсивность антропогенных нагрузок, токсичность антропогенных воздействий, ценность экосистем и отдельных компонентов природной среды и т.д.

Экологический ущерб природной среде проявляется в виде ухудшения качества атмосферы, водных и земельных ресурсов, ухудшения состояния биоресурсов и может выражаться в денежной форме. В настоящее время оценка экологического ущерба проводится в соответствии с методикой определения предотвращенного экологического ущерба [2], разработанной Госкомприродой и позволяющей определить величину эколого-экономического ущерба отдельно для атмосферы, водных объектов, земель и биоресурсов.

В качестве интегральной оценки экологической безопасности функционирования ПТС предлагается использовать величину суммарных экологических ущербов, которые определяются как:

$$U_{\text{сум}} = \Sigma (U_a + U_v + U_z + U_b + U_{dp}) \cdot K_{\text{эз}} \quad (1),$$

где:  $U_a, U_v, U_z, U_b, U_{dp}$  - величина ущербов, определенных соответственно для атмосферного воздуха, водных ресурсов, земельных ресурсов, биоресурсов и других видов ущерба;  $K_{\text{эз}}$  - корректировочный коэффициент, учитывающий экологическое состояние территории.

Используемая в настоящее время методика позволяет довольно приближенно оценить суммарные экологические ущербы природной среды от воздействия антропогенной деятельности, поэтому необходимо ее дальнейшее совершенствование, в частности, в вопросе оценки ущербов биоресурсам и учете зональных коэффициентов экологической значимости для различных природно-климатических зон.

Предложенный подход и количественная оценка суммарных экологических ущербов были реализованы в рамках экологической экспертизы проекта строительства Усть-Среднеканской ГЭС на р. Колыме. При создании водохранилища на Усть-Среднеканской ГЭС масштабы его влияния будут определяться степенью разрушения и изменения состояния геологического субстрата, инженерно-геологических и гидрогеологических условий, разрушением и трансформацией ландшафтов и экосистем. При оценке воздействия Усть-Среднеканской ГЭС на окружающую природную среду наиболее существенной представляется проблема оценки и развития определенных негативных воздействий на ландшафты и биоту.

Количественная оценка суммарного экологического ущерба была получена на основании приведенной выше зависимости (1). Негативное экологическое воздействие ГЭС на окружающую природную среду будет связано с затоплением земель в чаше водохранилища и подтоплением прибрежных биотопов на площади более 17000 га. Расчеты показали, что величина экологического

ущерба составит 135,3 млн. руб. для верхнего бьефа и 46,0 млн. руб. – для нижнего бьефа (табл. 1).

Таблица 1. Расчеты суммарных экологических ущербов по объекту Усть-Среднеканской ГЭС

Природно-антропогенные процессы	Негативные последствия	Вероятность возникновения негативных процессов	Экологические ущербы, млн. руб.
<i>Верхний бьеф</i> Затопление на площади 17220га	1. Потеря почв на площади 400 га	1,0	24,2
	2. Вырубка древесины	1,0	63,4
	3. Уничтожение фауны	1,0	34,7
	4. Уменьшение степени водообмена	0,8	13,0
<i>Нижний бьеф</i> Подтопление и образование полыньи на площади 4000 га	1. Потеря почв на площади 148 га	0,7	9,9
	2. Обледенение деревьев и кустарников	0,8	16,8
	3. Гибель фауны	0,8	19,3
ИТОГО:			181,3

Суммарный экологический ущерб от строительства Усть-Среднеканской ГЭС на р. Колыме составит более 180 млн. рублей (в ценах 1999 года). Приведенные оценки общего экологического ущерба явились основой для проведения комплекса дополнительных природоохранных и компенсационных мероприятий по повышению экологической безопасности природной среды в зоне строящейся ГЭС.

Следует остановиться на важном вопросе, решение которого существенно влияет на оценку экологических ущербов биотической составляющей. Исследования показывают, что нелинейность происходящих процессов в биологических системах при совместном действии ряда факторов может вызвать различные эффекты (синергизм и антагонизм). Поэтому наиболее сложной задачей является количественная оценка коэффициентов, учитывающих эффекты усиления или подавления в биотических системах.

Антропогенные воздействия на природную среду могут рассматриваться как независимые переменные ( $X_1, \dots, X_2, \dots, X_n$ ), а поведение этой системы определяется определенным набором показателей (функция отклика) зависимых переменных ( $Y_1, \dots, Y_2, \dots, Y_n$ ). Функцию отклика можно представить в виде уравнения регрессии:

$$Y = b_0 + \sum b_i X_i + \sum b_{ij} X_i X_j + \sum b_{ii} X_i^2 + \dots, \quad (2)$$

где:  $b_0, b_i, b_{ij}$  и т.д. – весовые коэффициенты переменных.

При независимом действии каждой переменной достаточно ограничить степень полинома линейными членами, т.е.  $Y = b_0 + \sum b_i X_i$ . Однако в реаль-

ных условиях мы сталкиваемся с совместным взаимодействием ряда факторов. Наиболее частым случаем отклика системы на совместное воздействие оказывается явление синергизма, поэтому такая ситуация приводит к необходимости включить в описание функции  $Y = f(X_1, \dots, X_2, X_n)$  членов уравнения, которые содержат произведения факторов, т.е.  $b_{ij}X_iX_j$ .

Эффект синергизма характеризуется усилением отрицательного воздействия смешанных факторов  $X_1X_2$  и учитывается противоположным знаком (минус) коэффициента ( $-b_{1,2}$ ) в уравнении (2). Отрицательный знак (минус) при втором и третьем слагаемых ( $-b_1$ ) и ( $-b_2$ ) соответствует подавлению биотических процессов. Положительные знаки (плюс) соответствуют увеличению функции отклика с увеличением характеристик процессов.

Проводя анализ уравнения (2), можно отметить, что только статистически значимая величина коэффициента при  $X_1X_2$  свидетельствует о проявлении эффекта антагонизма и эффекта синергизма. Уравнения типа (2) могут быть получены только после проведения многофакторных экспериментов [4].

Таким образом, использование предлагаемого подхода позволяет более достоверно оценить суммарные экологические ущербы, которые наносятся природной среде при антропогенных нагрузках.

Литература

1. Айдаров И.П., Карпенко Н.П., Манукьян Д.А. Методология и количественная оценка экологической безопасности функционирования природно-антропогенных систем. – Москва, Доклады РАСХН, 2003, № 2, стр.32-36.
2. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба.- Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, М., 1999.
3. Карпенко Н.П., Манукьян Д.А. Количественная оценка экологических рисков при функционировании природно-технических систем. - Материалы международной конференции (Костяковские чтения) "Экологические проблемы мелиорации", М., ВНИИГиМ, 2002.
4. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования эксперимента. – М.: Наука, 1965, 340с.
5. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990.
6. Экологический энциклопедический словарь. – М.: Издательский дом «Ноосфера», 1999. – 930с.

УДК: 631.6:577.4

## **АГРОМЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО РЕАБИЛИТАЦИИ ЧЕРНОЗЕМОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

Л.В. Кирейчева, А.В. Ильинский

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Ю.А. Мажайский

МФ ГНУ ВНИИГиМ, Рязань, Россия

Ведение земледелия на загрязненных тяжелыми металлами (ТМ) почвах становится одной из актуальных практических задач. Путем регулирования факторов, характеризующих способность к детоксикации продуктов техногенеза в природной системе, можно повышать способность почвы к самоочищению [2].



Разработка рекомендаций по снижению негативного влияния техногенно загрязненных черноземов проводилась на основании литературных исследований, лизиметрических, вегетационных и полевых опытов.

В условиях лизиметрических опытов нами были проведены исследования по изучению влияния минеральных удобрений на транслокацию ТМ и урожайность растениеводческой продукции.

Метеорологические условия вегетационных периодов 2001–2003 гг. отличались. Самым засушливым был 2002 год, отклонение осадков от среднеемноголетних показателей достигло 117 мм. Другие вегетационные периоды характеризуются оптимальными условиями, хотя в мае – июне в 2003 году и в 2001 году в июле – августе развитие сельскохозяйственных культур проходило при дефиците влаги. Поэтому влажность в лизиметрах поддерживалась 60–75% от ППВ.

Дозы минеральных удобрений рассчитывались по содержанию основных питательных элементов в почве лизиметров. Поэтому были 2 варианта норм удобрений  $N_{90}P_{60}K_{90}$  и  $N_{90}$  под кормовую свеклу.

Лучший урожай свеклы получен от применения одних азотных удобрений, так как повышенный фон, созданный в предыдущие годы, хорошо обеспечивал питательный режим фосфатами и калием (табл. 1 и 2).

Таблица 1. Агрохимические показатели оподзоленного чернозема в лизиметрическом опыте

Вариант	Слоя, см	рН <sub>KCl</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			мг/100 г почвы	
Без удобрений	0–25	5,4	14,7	7,5
$N_{90}P_{60}K_{90}$	0–25	5,6	15,3	9,1
$N_{90}$	0–25	5,6	22,7	14,5

Внесение минеральных удобрений в оптимальных дозах снижает концентрацию Cu, Zn, Pb, Cd в корнеплодах кормовой свеклы за счет антагонизма между Cu, Zn, Cd, с одной стороны, и фосфором с другой, а также и биологическим разбавлением. ТМ неравномерно распределяются в органах растений: концентрация меди больше в корнеплодах, чем в ботве, а цинка, свинца и кадмия – наоборот.

Оптимальная доза и соотношение N:P:K способствовали некоторому снижению Pb и Cd в зерне овса.

В лизиметрические воды мигрировало несколько больше Cu и Pb, так как они больше связываются в органно-минеральные комплексы, а Zn и Cd тормозились илстой фракцией почвы и, вероятно, хорошо развитой корневой системой овса.

Гречиха с увеличением доз и норм удобрений повышает урожай вегетационной массы, но оптимальная доза  $N_{90}P_{40}K_{40}$  снижает содержание Cu, Zn, Pb и Cd, а повышенная – значительно увеличивает их вынос (табл. 2).

Таблица 2. Влияние минеральных удобрений на урожай и накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах

Варианты	Урожай		Содержание, мг/кг			
	ц/га	отклон., %	Cu	Zn	Pb	Cd
Овес (зерно/солома)						
Без удобрений	25,8	–	3,83 1,60	26,5 7,6	0,37 0,76	0,04 0,14
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	32,6	+7	3,95 1,47	26,7 8,5	0,33 0,53	0,03 0,14
N <sub>60</sub> P <sub>240</sub> K <sub>270</sub>	28,3	+2,5	3,60 1,15	34,4 9,4	0,41 0,86	0,05 0,16
Кормовая свекла (корнеплоды/ботва)						
Без удобрений	542	–	5,48 4,92	30,4 74,8	1,22 4,22	0,412 1,261
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	612	+13	4,98 5,01	28,4 62,5	0,92 3,85	0,402 1,232
N <sub>90</sub>	733	+35	4,50 3,79	29,7 59,8	0,47 3,50	0,360 1,296
Гречиха (фитомасса)						
Без удобрений	47,9	–	3,87	20,4	2,64	0,164
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	62,9	+31	3,94	15,5	2,11	0,154
N <sub>80</sub> P <sub>160</sub> K <sub>160</sub>	76,3	+59	5,11	25,8	3,22	0,298

Таким образом, минеральные удобрения на слабокислых или близко к нейтральным черноземах увеличивают урожайность сельскохозяйственных культур. Оптимальные дозы в основном понижают концентрацию тяжелых металлов, а повышенные – их накапливают и способствуют миграции с внутрпочвенным стоком.

В условиях деградации почвенного покрова применение сапропелей может стать наиболее экологичным и эффективным способом восстановления плодородия и улучшения свойств почв. Сапропель – это богатейший источник гуминовых и других биологически активных веществ, активный адсорбент и эффективный структурообразователь почвы [1, 3]. Во ВНИИГиМ на основе сапропеля был разработан и запатентован (патент РФ № 2049107, авторы А.И. Столяров, Л.В. Кирейчева, И.В. Глазунова) сорбент-мелиорант СОРБЭКС, способный снижать токсичность почвы, поглощать и связывать ТМ в недоступные для растений формы, препятствуя их вводу в биологический круговорот. СОРБЭКС состоит из 65% карбонатного сапропеля, 25% цеолита и 10% сульфата алюминия и характеризуется высокой емкостью поглощения (256 мг/экв. на 100 г смеси), значительной удельной поверхностью до 160 г/м<sup>2</sup> и рН 6,5–7,0. Обладая уникальным химическим составом, СОРБЭКС не только способствует поглощению из почвы тяжелых металлов, но и обогащает ее микроэлементами и питательными веществами [1].

В условиях вегетационного опыта на слабокислом черноземе ( $pH_{KCl} - 5,4$ ), высокообеспеченном подвижными фосфатами и калием, изучалось использование СОРБЭКС при разных уровнях загрязнения Zn, Cu, Pb и Cd.

Результаты исследований показали, что применение СОРБЭКС (из расчета  $3,3 \text{ кг/м}^2$ ) блокирует фитотоксичность тяжелых металлов на всех уровнях загрязнения (рис.1).

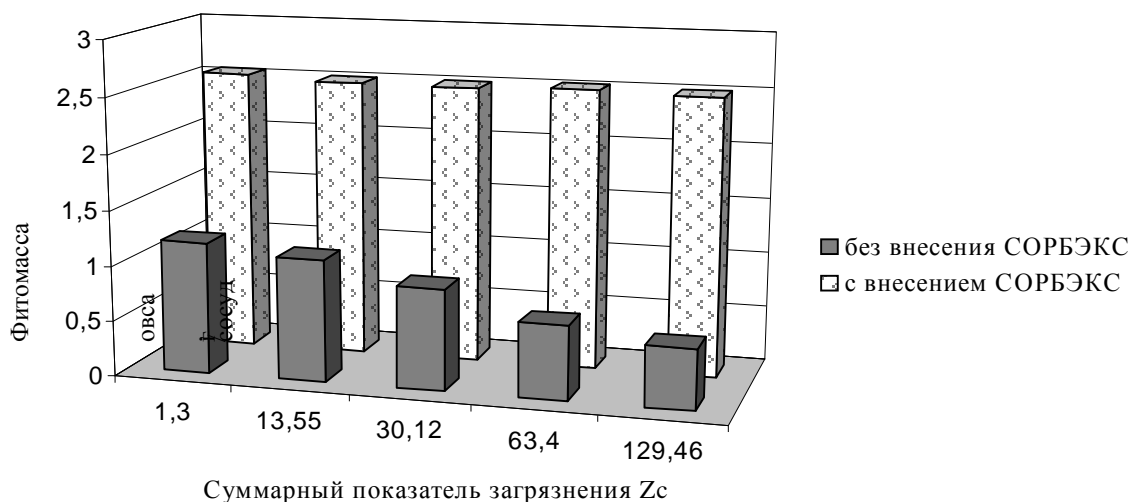


Рис. 1. Изменение урожайности фитомассы овса в опыте

Полевые исследования, проведенные на оросительной системе «Мескино» АОЗТ «Малинищи» (табл. 3) показали высокую эффективность применения сапропеля и удобрительно-мелиорирующей смеси (УМС) как сорбент-мелиорантов, улучшающих агрохимические свойства почвы, повышающих почвенное плодородие, урожайность и качество растениеводческой продукции, способствующих очистке и детоксикации почв от ТМ. Внесение мелиорантов увеличивает ЕКО почвы и сумму поглощенных оснований, расширяет буферную способность почвы и усиливает ее резистентность к неблагоприятным внешним воздействиям, увеличивает гумусовый запас, что также оказывает положительное мелиорирующее воздействие на почву. Все это способствует предотвращению химической деградации почвы, повышению урожайности и улучшению качества сельскохозяйственной продукции.

Таблица 3. Действие сапропелей на урожай вико-овсяной смеси и ее качество

Варианты	Викоовсяная смесь (сено)		Содержание ТМ в вико-овсяной смеси			
	ц/га	отклон., %	Cu	Zn	Pb	Cd
Без мелиорантов	67,9	–	4,29	16,11	1,22	0,098
Сапропель	87,2	28	3,78	16,19	0,77	0,065
УМС	89,8	32	4,76	16,98	1,15	0,083

Результаты исследования (табл. 3) показали, что применение сапропеля из расчета  $1,0 \text{ кг/м}^2$  позволило снизить потребление ТМ фитомассой однолетних

трав: Cu – на 12%, Pb – на 37%, Cd – на 34%. Применение удобрительно-мелиорирующей смеси позволило снизить потребление ТМ фитомассой однолетних трав: Pb – на 6%, Cd – на 15%.

Исследование химического состава кормов показало, что внесение в почву сапропеля и УМС позволило повысить содержание в кормах сырого протеина на 0,54 и 0,44%, сырой клетчатки на 0,5 и 1,0% соответственно.

Установлено, что использование сапропеля и удобрительно-мелиорирующей смеси позволит предупредить процесс химической деградации почв, обусловленный загрязнением тяжелыми металлами. Данный прием детоксикации почв близок к естественным процессам самоочищения и самовосстановления экосистем, что обеспечивает повышение их экологической устойчивости.

Таким образом, проведенные в условиях смоделированного техногенного загрязнения черноземов исследования позволили проследить трансформацию и миграцию химических загрязнителей; полученные результаты характеризуют постоянно изменяющиеся связи между компонентами агроландшафта. Положительные результаты в исследованиях, характеризующие экологически безопасные приемы санации, могут составить адаптивные комплексы по улучшению состояния мелиоративных земель.

#### Литература

1. Кирейчева Л.В., Хохлова Л.В. Сапропели: Состав, Свойства, Применение. М.: Изд-во «Рома», 1998. 120 с.
2. Орлов Д.С., Малинина М.С., Мотузова Г.В. и др. Химическое загрязнение почв и их охрана. М.: 1991. 303 с.
3. Максимов П.Г., Кузнецов А.В., Платонов И.Г. Результаты агроэкологической оценки сапропелевых месторождений. – М., 2000. – 110 с.

УДК 631.445.53 (47+57)

## **ТЕХНОЛОГИЯ МЕЛИОРАЦИИ ОСОЛОНЦОВАННЫХ ПОЧВ В АРИДНОЙ ЗОНЕ**

Ш.О. Мурадов, У.Х. Отакулов

Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан

В настоящее время для многих орошаемых регионов установлено возрастание щелочности почв, появление солонцеватости и нормальных карбонатов после промывки. В государствах Центральной Азии неоднократно отмечались случаи массовой гибели сельскохозяйственных культур в течение нескольких часов после поливов, особенно в стадии всходов.

Для повышения содоустойчивости почв и борьбы с их содовым засолением применяют различные химические мелиоранты и дефекаты отдельно или совместно с высокими дозами навоза, а также на фоне физиологических кислых азотно-фосфорных удобрений [1].

Однако известный способ не исключает осолонцевания почв и практически не применим на кислых почвах.

Известен способ мелиорации содовых солончаков, включающий обработку почв гипсом, при этом почву предварительно отмывают от свободной соды раствором хлористого натрия [2].

Однако введение в почву гипса и хлористого натрия в условиях жаркого засушливого (аридного) климата может привести к усилению сульфатно-хлоридного засоления земель.

Задачей предлагаемого технического решения является подавление соды, не сопровождаемое побочными негативными явлениями, с одновременным удобрением почв содоподавляющим мелиорантом.

Для решения поставленной задачи предложено в способе рассоления почв [3] путем их обработки химическим мелиорантом использовать в качестве такого мелиоранта нитраты кальция, магния, железа и бария (совместно или раздельно), а необходимую дозу мелиоранта определять по зависимости:

$$Q=A \cdot K / C,$$

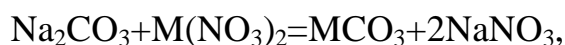
где  $Q$  – потребность в мелиоранте, т/га;

$A$  – содержание соды в мелиорируемом слое, т/га;

$K$  – коэффициент, зависящий от вида катиона;

$C$  – концентрация мелиоранта в долях единицы (с учетом воды раствора и кристаллизационной).

При использовании предлагаемого технического решения протекают реакции вида:



где:  $M$  – двухвалентные катионы  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Fe}$  и  $\text{Ba}$ . Сода при этом полностью подавляется, новообразуется натриевая (чилийская) селитра, которая, как известно, является азотным удобрением и хорошо усваивается растениями, в том числе хлопчатником.

Одновременно образуются карбонаты указанных выше двухвалентных металлов - кальция, магния, железа и (или) бария. Однако произведения их растворимости низкие (соответственно  $3,8 \cdot 10^{-9}$ ,  $8,5 \cdot 10^{-5}$ ,  $3,5 \cdot 10^{-11}$  и  $4,0 \cdot 10^{-10}$ ), поэтому карбонаты этих элементов практически полностью переходят в кристаллическую фазу (выпадают из растворов).

В то же время нитраты кальция, магния, железа и бария очень хорошо растворяются в воде (их растворимость в воде при  $20^\circ \text{C}$  соответственно равна 56,4; 41,2; 71,0 и 8,3%). Поэтому эти соли легко вводятся в поливную или промывную воду простым растворением и в почве энергично реагируют с содой.

Приведенная выше расчетная формула обосновывается следующими соображениями. Если в почве на единице площади содержится количество нормальной соды, то для ее нейтрализации потребуется какое-то количество мелиоранта  $A \cdot K$ , где  $K$  - коэффициент, зависящий от вида катиона. Значения этого коэффициента рассчитаны на основе закона сохранения масс и приведены в таблице 1. Так как даже твердый мелиорант содержит некоторое количество воды, то его весовое количество по отношению к безводному должно быть повышено на величину  $1/0$ , где  $C$  – концентрация безводного вещества в мелио-

ранте или растворе (в долях единицы). Отсюда  $A \cdot K$  необходимо умножить на  $1/C$ .

Таблица 1. Значения коэффициента  $K$

№	Катион	$K$
1	Кальций	1,55
2.	Магний	1,42
3.	Железо	1,70
4.	Барий	2,51

Реализация технического решения подтверждена экспериментально.

В эксперименте использован осолонцованный серозем, отобранный на полях хозяйства им. «Навруз» Денаувского района Сурхандарьинской области Узбекистана. Одинаковые объемы почвы (15 кг) с весовым содержанием нормальной соды 0,2% подвергали обработке растворами нитрат кальция (1), смесью нитратов кальция, магния, железа и бария в равных мольных количествах (2), измельченным гипсом при предварительной отмывке раствором с NaCl (3).

Растворы вносились в количестве 1л, после чего в почву добавлялось по 3 л дистиллированной воды и она перемешивалась механическим способом в течение 5 мин.

Так как потребность в мелиоранте заранее была принята равной 1 л на 15 кг почвы, то в первом эксперименте концентрация безводного нитрата кальция, рассчитанная по приведенной выше формуле, составила:  $2 \text{ г} \times 15 \times 1,55 = 46,5 \text{ г}$ . Такая доза, по расчетам, вполне достаточна для полного подавления соды. Внесение большей дозы будет повышать содоустойчивость почвы (в эксперименте это не требуется).

Для получения сравнимых результатов в отношении количества вносимых мелиорантов во втором и третьем экспериментах была принята такая же концентрация смеси нитратов и гипса (46,5 г/кг). Кроме того, в третьем эксперименте, в соответствии с формулой известного способа, проба почвы предварительно отмыта 1 л речной воды с введением в нее 50 г NaCl.

Изменение содержания соды во времени контролировалось методом pH – метрии. Результаты измерений приведены в таблице 2.

После завершения эксперимента в образцах почвы определено содержание некоторых солей (табл. 3). Соли определялись в почвенном растворе с последующим пересчетом на 1 кг почвы.

Результаты табл. 2 и 3 свидетельствуют о том, что обработка солонцовой почвы предлагаемым способом приводит к быстрому исчезновению соды, что проявляется в снижении pH от 9,8 до 7,1. В известном способе pH сохраняется на уровне 9,0.

Таблица 2. Динамика содоподавления в эксперименте

Стадия	РН		
	Обработка Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Обработка смесью	Обработка CaSO <sub>4</sub>
Исходная проба	9,8	9,8	9,8
После обработки мелиорантом:			
Спустя 0,1 ч	7,5	7,7	9,5
Спустя 0,3 ч	7,2	7,3	9,4
Спустя 1,0 ч	7,1	7,2	9,2
Спустя 1,5 ч	7,1	7,1	9,0
Спустя 3,0 ч	7,1	7,1	9,0

Таблица 3. Солевой состав почв после обработки их мелиорантом

Соли	Содержание, г/кг		
	Обработка Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Обработка смесью	Обработка CaSO <sub>4</sub>
Нитрат натрия	2,9	2,7	-
Хлорид натрия	0,1	0,1	0,2
Хлорид магния	0,02	0,03	0,03
Хлорид каль- ция	0,01	0,01	-
Сумма сульфа- тов	0,01	0,01	4,4 (0,5)*
Карбонат на- трия (нормальная сода)	-	-	1,3

Примечание: \* без скобки – всего сульфатов в почве; в скобках - в растворе.

Использование данного технического решения привело к новообразованию в почве 2,7-2,9 г/кг натриевой селитры без заметного накопления других солей. Сода полностью исчезла. Использование известного способа привело к накоплению в почве сульфатов и сохранению значительного количества нормальной соды (1,3 г/кг).

Резюмируя можно отметить, что на территории СНГ данное техническое решение может быть использовано на площади более 100 млн. га с различной степенью солонцеватости почв. В Центральноазиатских республиках (более 73 млн.га осолонцовых земель) [4], где развито хлопководство, для получения высоких урожаев хлопчатника требуется внесение в почву азотных удобрений. Предлагаемое техническое решение, таким образом, решает комплексную задачу – внесение в почву азотных удобрений, сочетая этот процесс с содоподавлением.

Литература

1. Мурадов О.Д., Валуконис Г.Ю., Мурадов Ш. О. Орошение и прогноз водно – солевого

режима.-Т.: Узбекистан, 1982.- с. 60-61.

2. Авторское свидетельство СССР № 307783, кл. А 01 N 7/00, 1971.

3. Предварительный патент Узбекистана № IDP 04470, 7С 09К 17/00, 17/02, 02.02.2000.

4. Пак К.П. Солонцы и пути повышения их плодородия.-М.: Колос, 1975.-384 с.

УДК 631.434.6

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ БЕНТОНитОВОЙ ГЛИНЫ ДЛЯ ДЕТОКСИКАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ**

Нгуен Суан Хай

Вьетнамский Национальный Университет, Ханой, Вьетнам

Загрязнение почв тяжелыми металлами во Вьетнаме происходит вблизи промышленных заводов и городов из-за быстрой урбанизации. Наиболее распространенными тяжелыми металлами (ТМ) являются медь, цинк, свинец, ртуть, никель и кадмий. Поступление таких тяжелых металлов в почву происходит из воздуха, воды и при внесении минеральных удобрений. Овощная продукция для города выращивается в основном на близлежащих загородных землях. В последние годы проблема, связанная с пищевыми отравлениями и болезнями, стала актуальна. Для того чтобы сельскохозяйственная продукция, в том числе овощи, была безопасна для человека и животных, содержание в ней тяжелых металлов не должно превышать допустимые нормы. На практике содержание тяжелых металлов в овощах на рынке часто превышает ПДК (табл. 1).

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в овощах, выращиваемых в Тханчи (Ханойская область), мг/кг сырого веса

	Тяжелые металлы		
	Pb	As	Hg
Кочанная капуста	2,0	9,6	0,81
Водяной вьюнок	0,73	3,67	0,71
Салат	6,0	3,0	0,90
ПДК	0,6	0,2	0,06

Примечание: данные из работы Нгуен Суан Тхань (2002)

Для детоксикации ТМ в этом исследовании была использована естественная бентонитовая глина (бентонит), характеристика которой представлена в таблице 2.

Бентонит имеет слабую щелочную среду, значительную емкость поглощения и удельную поверхность. Бентонит был внесен в древнеаллювиальную почву, характеристики которой приведены в таблице 3.

Таблица 2. Некоторые характеристики естественного бентонита в Кодинь, Тханхоа провинции Вьетнама



pH <sub>KCl</sub>	ЕКО	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Удельная поверхность
	мг-экв/100г глина			м <sup>2</sup> /г
7,82	57,2	26,1	12,3	589,2

Таблица 3. Свойства опытной почвы

pH <sub>KCl</sub>	С	N	P <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	ЕКО
	%				мг/100г почвы			мг-экв/100г		
7,45	1,12	0,095	0,203	1,70	4,48	4,80	7,74	7,20	3,31	20,94

Изучаемая почва имеет нейтральную реакцию, высокое значение ЕКО, содержание питательных элементов - от средних до высоких норм.

Древнеаллювиальные почвы антропогенно загрязнены при внесении удобрений и ила из пруда (в качестве удобрения), а также за счет орошения сточными водами. Опыт проведен с зеленой капустой на почвах, искусственно загрязненных тяжелыми металлами такими Pb: 100; Cd: 3; As: 20; Hg: 2 мг/кг почв. Эти нормы соответствуют их ПДК в почве. Опыт проводился по трем вариантам: контрольный, при внесении 4,5 г бентонита на кг почвы (1 кг/м<sup>2</sup>) и 6,75 г бентонита на кг почвы (1,5 кг/м<sup>2</sup>) в 6-х кратной повторности.

Благодаря высоким значениям ЕКО и значительной удельной поверхности бентонита, вносимого в почву, содержание в ней тяжелых металлов снизилось пропорционально норме внесения бентонита (табл. 4).

Таблица 4. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве по вариантам опыта

Варианты	As	Hg	Cd	Pb
№ 1 (контроль)	3,54	<0,05	1,25	55,8
№ 2 (4,5 г/кг почвы)	3,00	<0,05	1,14	38,3
№ 3 (6,75 г/кг почвы)	2,00	<0,05	0,96	35,1

По данным таблицы 4 можно сделать следующие заключения:

- содержание подвижных форм Hg во всех вариантах ниже 0,05;
- содержание As, Cd, Pb в варианте №2 снизилось соответственно 15,2%, 8,8 и 31,3%; и в варианте №3 составило 43,5%, 24,0%, 38,9% (рис. 1)

Снижение содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве уменьшает их аккумуляцию в растении (табл. 5).

Снижение содержания ТМ по сравнению с контролем, %

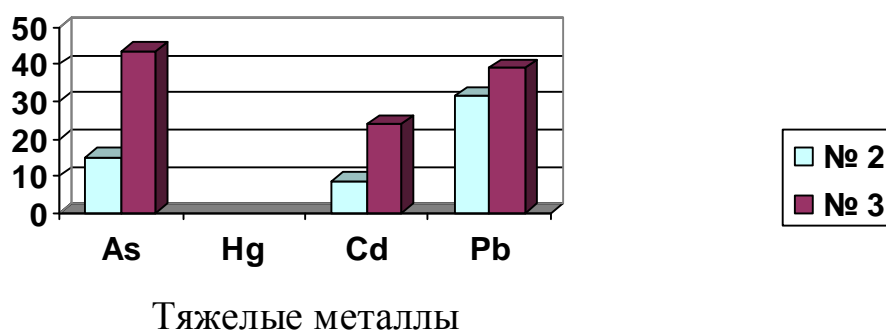


Рис. 1. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве

Таблица 5. Влияние бентонита на аккумуляцию тяжелых металлов в зеленой капусте

Варианты	As	Hg	Cd	Pb
Контрольный	<0,2	0,07	0,47	0,50
№ 2	<0,2	<0,05	0,23	0,23
№ 3	<0,2	<0,05	0,38	0,39
ПДК	0,2	0,02	0,03	0,5

По элементам выводились:

- содержание As во всех вариантах ниже 0,02 мг/кг, т.е. не превышает ПДК;

- содержание Hg в контрольном варианте выше ПДК, но в других вариантах (за счет внесения бентонита) содержание этого металла снизилось до значений ниже ПДК (снижение составило 28,6%);

- содержание Cd во всех вариантах выше ПДК, хотя в вариантах с внесением бентонита его содержания снизились с 19,2 до 51,0% по сравнению контролем, соответственно в вариантах №2 и №3;

- содержание Pb в контрольном варианте - на уровне ПДК, а в вариантах №2 и № 3 его содержание ниже ПДК, снижение по сравнению с контролем составило соответственно 54 и 22% (рис. 2).

Внесение бентонита в почву не только для детоксикации тяжелых металлов в растении но и повысит урожайность зеленой капусты в варианте №2 на 16,34% и в варианте №3 на 9,62% (табл. 6).

## Снижение содержания ТМ в зеленой капусте по сравнению с контролем

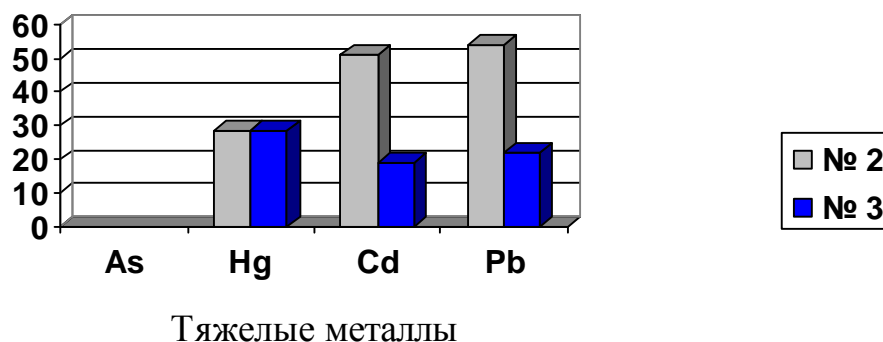


Рис. 2. Содержание ТМ в зеленой капусте

Таблица 6. Урожайность зеленой капусты в опытных сосудах и ее повышение по сравнению с контролем

Варианты	Контрольный	№ 2	№ 3
Средняя урожайность (г/сосуд)	71,00	82,60	77,83
Повышение (%)	0	16,34	9,62

### Выводы

1. Бентонит можно использовать в мелиорации земель благодаря слабой щелочности, высоких значений ЕКО,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и большой удельной поверхности.
2. Внесение бентонита в почву позволяет снизить содержание подвижных форм As, Cd и Pb; процент снижения их содержания в почве зависит от норм внесения бентонита. Бентонит можно использовать для детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами (As, Cd, Pb), поскольку запасы бентонита во Вьетнаме большие.
3. Внесение бентонита для детоксикации тяжелых металлов в зеленой капусте, выращиваемой на почве, загрязненной Pb: 100; Cd: 3; As: 20; Hg: 2 мг/кг почв, очень эффективно. Нормы снижения содержания Hg, Cd и Pb составили соответственно 28,6; 19,2 - 51% и 22,0 – 54%. Внесение бентонита повышает урожайность зеленой капусты на 9,62-16,43% по сравнению с контролем.

УДК 631.61:631.67

## **ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ И ВОЗМОЖНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ГОРОДСКИХ ЗЕМЕЛЬ**

В. Ю. Павлов

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия.

В настоящее время резко ухудшается экологическая обстановка в отдельных регионах Российской Федерации - происходит деградация земель, загрязнение окружающей среды. В условиях города под мощным воздействием антропогенной нагрузки эти процессы значительно усиливаются. Для оздоровления городской экологической обстановки необходимо способствовать процессу восстановления полноценного почвенного слоя в местах его искусственного уничтожения или нарушения, восстановлению имеющихся почв, их сорбционных и иных экологически значимых свойств. С этой целью может быть использована технология комплексной мелиорации почв (биомелиорация), где важную роль играет использование природных механизмов для восстановления и улучшения их свойств.

Важную роль в оздоровлении окружающей среды, улучшении почв и создании внешнего вида городского ландшафта играют искусственные насаждения многолетних трав, особенно злаков. Существует даже специальный термин - фитомелиорация. При озеленении городской территории предпочтение зачастую отдаётся травам западной селекции. Задачей наших исследований было сравнительное изучение поведения злаковых трав российской и западной селекции при различных условиях возделывания. Для этого была заложена серия микроделяночных опытов. Было проведено сравнение готовых западных газонных травосмесей с российскими, включающими в себя овсяницу луговую, райграс пастбищный, тимофеевку луговую, полевицу белую.

Микроделяночный опыт включал следующие варианты: вариант 1 - злаковые травы российской селекции (контроль); вариант 2 - злаковые травы западной селекции (контроль); вариант 3 - травы российской селекции + NPK (30 кг д.в./га); вариант 4 - злаковые травы западной селекции + NPK (30 кг д.в./га); вариант 5 - злаковые травы российской селекции на экогрунте (удобрительная смесь на основе торфа, используемая при озеленении городов, слой 5 см); вариант 7 - травы российской селекции на экогрунте (слой 5 см) + NPK (30 кг д.в./га); вариант 8 - злаковые травы западной селекции на экогрунте (слой 5 см). Все вышеперечисленные варианты были заложены в трёхкратной повторности.

В сравнительно-демонстрационных целях нами заложены варианты: вариант 6 - злаковые травы российской селекции на экогрунте (слой 15 см) - 1 повторность; вариант 11 - клевер белый (контроль) - 2 повторности. Вариант 12 был использован для изучения влияния растительных остатков на рост злаковой дернины.

В первый год полевого опыта на поверхность почвы перед посевом был внесен слой мульчи из растительных остатков толщиной 2 см. На следующий год, поверх уже развившегося травостоя, был внесён слой растительных остатков мощностью 5 см.

При сравнении основных показателей состояния травостоя при росте в одинаковых условиях получены следующие результаты (табл. 1). Травы российской селекции при развитии всходов несколько опережали травы западной селекции по скорости роста и достижению определённой высоты побегов (15 см). Наибольшую скорость роста продемонстрировали те из них, которые росли на экогрунте, особенно при добавлении минеральных удобрений.

Таблица 1. Появление и развитие всходов злаковых трав в зависимости от условий их выращивания

Даты Учёта	28.07			29.07			31.07			2.08			5.08			12.08			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Повторности																			
Варианты																			
1	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 10	ПВ 10	ПВ 10	
2	В 5	В 5	В 5	В 5	В 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	
3	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 10	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 15	ПВ 10	ПВ 10	
4	В 5	В 5	В 5	В 5	В 5	В 5	В 5	ПВ 5	В 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 10	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 10	
5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 10	ПВ 10	ПВ 10	ПВ 15	ПВ 15	ПВ 10	
6		ПВ 5			ПВ 5			ПВ 5			ПВ 5			ПВ 10			ПВ 15		
7	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 10	ПВ 10	ПВ 10	ПВ 15	ПВ 15	ПВ 15	
8	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 10	ПВ 10	ПВ 10	ПВ 10	ПВ 10	ПВ 10	
12	В	В	В	В	В	В	ПВ	ПВ	ПВ	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 5	ПВ 10	ПВ 10	ПВ 10	

Примечание: В - появление всходов; ПВ - наступление полной всхожести; 5,10,15 (5 см,10см, 15см)- уровень высоты, достигнутый всходами.

По числу побегов на единицу площади в нашем опыте за два года постепенно выявилось некоторое преобладание трав западной селекции (рис. 2). Однако их преимущество по данному показателю не слишком существенно.

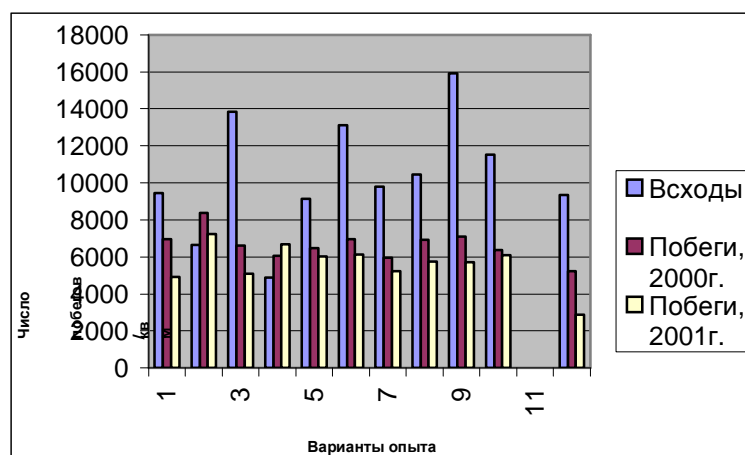


Рис.2 Зависимость числа побегов злаковой травосмеси российской и западной селекции от различных условий выращивания

По мнению специалистов, показателем хорошего качества дернины почво-защитного дернового покрытия является число побегов 5-10 тыс. на м<sup>2</sup>, удовлетворительного – 2,5-5 тыс. (Тюльдюков и др., 2002). С этой точки зрения дернина, образованная травами западной и российской селекции в аналогичных условиях не сильно различалась. Снижение числа побегов наблюдалось в варианте 12, под действием покрова из растительных остатков.

УДК 631.671:631.43:556.01

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ ПРИ МЕЛИОРАТИВНОЙ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Н.И. Парфенова

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Экологическая устойчивость природных систем рассматривается как динамически равновесное функционирование природных процессов, установившееся за длительный период геологического развития. Под влиянием водохозяйственной, мелиоративной и сельскохозяйственной деятельности природная система может выйти из равновесного устойчивого состояния, если ее изменения вызовут необратимые нарушения в структуре строения и функционировании присущих ей циклических движений потоков воды, химических и питательных веществ в большом геологическом и малом биологическом круговоротах (Н.И. Парфенова, 1999; Н.И. Парфенова, С.Д. Исаева, 2001).

Рациональное регулирование антропогенных воздействий на все природные системы должно учитывать законы сохранения количества энергии и веществ и закономерности взаимообусловленных природных процессов, разви-

вающихся как единый динамически равновесный организм, не нарушая их до необратимого состояния. Основная направленность такого регулирования должна быть нацелена на недопущение причин развития экологически негативных явлений и в т.ч. деградации почв.

При разработке нового стратегического отношения к природной среде при осуществлении комплекса мелиораций и систем земледелия (системы обработки почв, системы севооборотов и системы удобрений, применение химических веществ и ядохимикатов для борьбы с вредителями растений, болезнями, сорняками) первостепенное значение имеет обеспечение экологической устойчивости природных систем (включая плодородие почв) и допустимых отклонений от динамически равновесного функционирования потоков энергии, воды, химических и питательных элементов на всех иерархических уровнях. Получение максимума биомассы и других продуктов стоит на втором плане, как и уменьшение энерго- и ресурсозатрат.

Для сохранения благоприятной для растениеводства естественной и антропогенной сбалансированности потоков энергии, воды, химических и питательных элементов необходимо учитывать энергетические законы природных процессов, их зональные и ритмические особенности, влияющие на плодородие почв и их продуктивность.

Фотосинтез растений, накопление энергии в органическом веществе, определяет потенциальное плодородие почв. Зеленая растительная масса, синтезирующая органическое вещество при воздействии энергии солнечного света, служит источником образования гумуса. Запасы гумуса определяют все наилучшие агрономические свойства почв. Повышение биомассы с помощью мероприятий возможно при наилучшем использовании лучистой солнечной энергии.

Растительные сообщества осуществляют фактическое связывание солнечного света и передают его энергию живым системам. Следует большое внимание уделять азотному питанию растений, азот в основном содержится в гумусе. Растения поглощают азот только в нитратной, растворимой форме, причем органический азот переходит в нитраты через аммоний с помощью микроорганизмов, т.е. в процессе минерализации, нарастающей с увеличением температуры и влажности почв, что возможно регулировать агротехническими и мелиоративными мероприятиями. От объемов органического вещества в почве, остающегося от опада и биомассы корней, зависит формирование запасов гумуса.

Энергетический баланс почвообразовательных процессов как синтеза и разрушения органического вещества, обусловленный законами сохранения энергии и веществ природных систем, должен поддерживаться агро-мелиоративными мероприятиями в благоприятном заданном направлении.

Энергетический режим, присущий каждой климатической зоне, является решающим фактором формирования условий среды почвообразовательных процессов. Наиболее благоприятные режимы почвообразования для микробиологической деятельности и накопления гумуса существуют в условиях, когда соотношение влаги и тепла уравновешено, а показатель гидротермического ре-

жима колеблется в пределах  $R^* = 0,8-1,2$ . В естественных условиях это присуще части лесостепной и степной зон. С помощью орошения, снегозадержания, специальной обработки почв, севооборотов, рыхления, искусственного изменения альbedo поверхности почв возможно повышение радиационного баланса деятельной поверхности и улучшение гидротермического режима с тенденцией достижения указанного предела или близкого к нему ( $R^* \approx 0,7-1,5$ ).

В сухостепной, полупустынной и пустынной зонах (где радиационный баланс намного превышает затраты энергии на годовую продукцию из-за недостатка влаги) при искусственной подаче воды следует учитывать не только водопотребление сельскохозяйственных культур, но и гидрофизические свойства почв, мощность корнеобитаемого слоя, высоту капиллярного поднятия грунтовых вод и глубину их залегания. Поддержание минимального объема инфильтрации оросительных вод необходимо для предотвращения развития процессов гидроморфизма почв. Экологически благоприятные оросительные нормы для поддержания благоприятных тенденций почвенных процессов исходят из создания и поддержания гидротермического режима в указанных оптимальных пределах. С этой целью целесообразно придерживаться следующих оросительных норм: в степной зоне 130-270 мм (при среднегодовой норме атмосферных осадков  $O_c = 500$  мм), в сухостепной - 400-540 мм (при  $O_c = 370$ ) в полупустынной - 500- 670 мм (при  $O_c = 300$  мм), в пустынной - 670-860 мм (при  $O_c = 200$  мм). В зависимости от осадков текущего года оросительные нормы регулируются по их разности. Общая допустимая оросительная норма принимается равной указанной выше (применительно к каждой зоне) плюс разность между осадками среднемноголетнего и текущего года.

Анализ энергетических характеристик элементов минеральных и органических растительных веществ необходим для понятия о превращении веществ в процессах почвообразования. Потоки энергии управляют процессами обмена и трансформации веществ (в т.ч. органических) в природных явлениях. Энергетические основы геохимических процессов изложены в трудах В.И. Вернадского, А.Е. Ферсмана и др. Процессы обмена энергии в ландшафтно-географических зонах известны из трудов А.А. Григорьева, М.И. Будыко, В.Н. Сукачева и др.

Развитие сельского хозяйства зависит в значительной мере от решения проблем биоэнергетики - усиления синтеза биомассы на земной поверхности (Волобуев В.Р.), наиболее полного превращения энергии солнечного луча в процессах синтеза биомассы сообществ культурных растений. В продуктах фотосинтеза аккумулируется около 1% всей поступающей на земную поверхность энергии солнечного луча, во влажно-тропических лесах - до 2-4%, иногда в посевах, в полевой обстановке с целью создания органического вещества, - до 8-12%. Плодородие почв и их высокая продуктивность связаны с накоплением энергии в продуктах преобразования веществ фотосинтеза - с гумусом и другими органическими веществами.

В природной среде при формировании почв наилучшая энергетическая сбалансированность тепла и влаги присуща степной зоне. Здесь сформированы самые плодородные почвы - черноземы благодаря обеспечению наиболее бла-



гоприятных условий жизнедеятельности бактерий и гумусообразованию. Поэтому показатель гидротермического режима для степной зоны служит эталонным для других климатических зон при орошении в связи с наилучшими условиями почвообразования:  $R^* = 0,8-1,2$ .

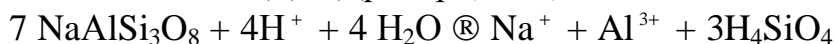
При орошении повышенными оросительными нормами показатель гидротермического режима полупустынной и пустынной зон может быть ниже 0,8, а на рисовых системах даже ниже 0,4. В условиях повышенных оросительных норм происходит смещение почвообразовательных процессов, образование подзолов и падение продуктивности почв.

Методология определения критериальных ограничений по показателю энергии почвообразования  $Q_n$  заключается в расчете данного показателя в конкретных условиях и сравнении этих значений с зональными природными и наиболее благоприятными, присущими лесостепной и степной зонам, создание которых возможно с помощью орошения и осушения.

Метод определения критериальных ограничений по показателю энергии химических связей веществ основан на сравнении расчетных значений  $Q_{хт}$  по химическому составу ведущих солей в поровых растворах и сравнении их с эталонными значениями, присущими экологически благоприятным условиям.

В процессе гидролиза – химического выветривания магматических, метаморфических и осадочных пород решающую роль играют  $H^+$  ионы.

В горных породах, чем выше содержание металлов (наиболее слабое звено) тем слабее их устойчивость. Примерная схема протонного гидролиза полевого шпата приводится ниже по Дж. Дривар (1985):



Эффективное плодородие пахотных почв зависит от типов протонного гидролиза минеральных составляющих и разложения органических веществ. “Концентрация  $H^+$  в связанной воде почв на 5-6 порядков выше, чем капиллярной (Блох А.М., 1970), в ней легче разрушаются ковалентные и ионно-ковалентные связи минералов (Матвеева Л.А., 1974).

Чем крупнее частицы минералов, тем активнее идет протонный гидролиз, в высокодисперсных, покрытых гумусовыми и глинистыми пленками, - процесс прекращается

При снижении корневого питания растений и увеличении воздушного происходит уменьшение доли белковых веществ и повышение доли сахаров в составе продукции растениеводства. Следовательно, преимущество заключается в корневом питании растений.

Причиной происхождения почвенного покрова являются зеленые растения, корневое питание их минеральными составляющими не пассивное. Это пищеварительный процесс, в котором протоны играют роль своеобразного “оружия” по добыче элементов минерального питания (Тюльпанов В.И., Цховребов В.С., 2001).

Живые растения представляют собой постоянный источник ионов  $H^+$ , создавая кислую среду, что способствует химическому выветриванию минералов. Происходит обмен  $H^+$  на питательные вещества и за счет удаления  $H^+$  реакция постоянно остается несбалансированной и продолжается на протяжении всей

жизни растений (Тюльпанов В.И., Цховребов В.С., 2001; Оллиер К., 1987, с. 55).

Протоны водорода обладают энергией, достаточной для отрыва электронов с поверхности металлов и полуметаллов. Как указывает Тюльпанов В.И. по данным Лазарева Д., (1987) один миллиграмм протонов водорода имеет огромный заряд, способный наэлектризовать сферу размером с земной шар до потенциала 100000 В.

В эволюционном переходе почв в породы и изменении минералов исходной почвообразующей породы являются остаточные устойчивые их соединения: оксиды кремния, алюминия и железа с примесью титана, никеля, кобальта и других многовалентных металлов (Тюльпанов В.И., Цховребов В.С., 2001). Конечная форма преобразования почв может быть представлена бокситами, песками, железистыми латеритами, иногда каолиновыми глинами.

Ниже почв в зоне аэрации протонный гидролиз осуществляется под действием притока воды и  $H^+$  кислотных продуктов разложения, приносимых с гравитационными потоками воды.

Обнищание народов происходит в странах, где почвенный покров сложен старыми почвами, обедненными в минералогическом отношении.

Почвы обладают наивысшей геохимической энергией живого вещества. Биогеохимический круговорот через почвообразовательные процессы способствует глобальным геохимическим круговоротам огромного количества углерода и азота, извлекая их из атмосферы зелеными растениями и микроорганизмами почв. В биогеохимическом круговороте участвуют водород, кислород, углерод, азот, фосфор, сера, калий и многие другие элементы.

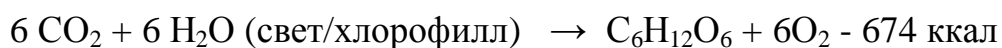
Образование почв связано с формированием биомассы за счет фотосинтеза растений, поглощающих также минеральные вещества, поступающие в почвенные растворы при выветривании минералов и горных пород.

Первичные почвы весьма богаты минеральными веществами, что способствовало процветанию растительного мира – растений гигантских размеров, особенно в карбоне. Кладовые каменноугольных месторождений залегают в слоях земной коры и служат энергетическим источником наших дней.

Как указывают В.И. Тюльпанов и В.С. Цховребов, по данным министерства сельского хозяйства США только с 1959 по 1975 гг. продукция биомассы природных сообществ северного полушария от  $10^0$  с.ш. до экватора уменьшилась на 3273 млн. тонн (Межскерин В.А., 1994). Приостановить процесс нарастания экологической катастрофы возможно только путем повышения плодородия почв.

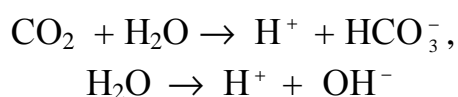
Огромное количество  $CO_2$ , поступающее из мантии, в карбонатообразование пород не участвуют. Процесс идет через живое вещество -  $CO_2$  из атмосферы усваивается растениями только в процессе фотосинтеза. В.И. Вернадский указывал на почвенное происхождение  $CO_2$ . Почвенная  $CO_2$ , образованная корнями растений и микроорганизмами, обладает другими свойствами, она преобразует воду в активную форму.

Углекислый газ, поступающий из мантии и находящийся в воздухе, расходуется на образование углеводов при фотосинтезе:

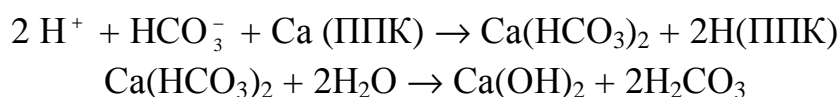


Вода, необходимая для синтеза углеводов, поступает из почвы через корни растений, так же и минеральные соединения. Образованные при фотосинтезе углеводы частично поступают в корни растений - идут навстречу воде и расходуются на “дыхание”. Образуется углекислый газ  $\text{CO}_2$ . Образование  $\text{CO}_2$  через корни растений достигает огромных размеров. Из атмосферы в растения поступает  $1320 \text{ г/м}^2 \text{ CO}_2$  (Базилевич, Гильманов, 1986).

Углекислота преобразует воду в активную агрессивную форму угольной кислоты, способную разлагать алюмосиликаты, фосфаты, карбонаты, вытеснять основания из ППК.



При дыхании источником кислорода в формирующейся  $\text{CO}_2$  является вода. Составляющие воды, взаимодействуя с основаниями минеральной части, образуют легкоподвижные гидрокарбонаты, после потери равновесной угольной кислоты переходят в простые карбонаты (Шилова, 1988):



Гидрокарбонат кальция  $\text{Ca (HCO}_3)_2$  выносится с растворами, т.к. имеет повышенную растворимость, а гидрат кальция  $\text{Ca(OH)}_2$  выпадает в осадок как труднорастворимое соединение. С этим процессом связано образование известняков и доломитов.

Наращение показателя энергии химической связи в почвах и грунтовых водах под влиянием хозяйственной деятельности является признаком негативной экологической обстановки. В орошаемых черноземах и темнокаштановых почвах переувлажнение и влияние подъема уровня грунтовых вод вызывает падение окислительно-восстановительного потенциала и возрастание образования фульвокислот за счет уменьшения гуминовых.

Изменение минерализации и химического состава грунтовых вод во вновь водонасыщенных слоях идет в направлении от гидрокарбонатного к сульфатному и хлоридному типам. Соответственно увеличиваются значения показателей энергии химической связи ведущего состава воднорастворимых солей.

Предупреждение и развитие гидроморфизма и деградации почв, подтопления территорий должно быть основано на глубоком изучении режима и баланса подземных вод и прогноза в региональном масштабе с учетом всей системы водохранилищ, магистральных каналов, особенно расположенных на высоких гипсометрических отметках рельефа. Охрана высокоплодородных черноземов, темно-каштановых почв, сохранение запасов пресных подземных и поверхностных вод как главных жизненно важных энергетических биосферных ресурсов, является основной экологической задачей, решение которой во многом зависит от мелиоративной и водохозяйственной деятельности.

**ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВЫ НА СКОРОСТЬ ПОГЛОЩЕНИЯ КИСЛОРОДА КОРНЯМИ РАСТЕНИЙ**

Л.И. Передкова

ФГНУ ВНИИ "Радуга", Коломна, Россия

Степень аэрации и водный режим почвы очень тесно взаимосвязаны. При увеличении влажности уменьшается содержание воздуха в почвенных порах и наоборот. Поэтому, регулируя подачу воды при поливе, можно поддерживать в оптимальном режиме не только обеспеченность растений влагой и питательными элементами, но и воздухом, т.к. без последнего растения погибают. Из работ Letey, Stolsy [1,3] известно, что поверхность корней, потребляющих питательные вещества и кислород из почвенного раствора и воздуха, должна быть покрыта плёнкой воды. Но т.к. скорость диффузии кислорода в воде составляет 0,0001 от коэффициента диффузии его в воздухе, то обеспеченность корней растений воздухом будет снижаться по мере возрастания толщины водяной плёнки.

По мнению Лемона и Эриксона [2] величиной, наиболее точно отражающей обеспеченность растений кислородом, является скорость его диффузии (СДК), определяемая полярографически. В основе этого метода лежит определение скорости восстановления кислорода на поверхности платинового электрода, представляющего модель корневого волоска.

Используя этот метод, Letey и Stolsy [1] установили, что каждая культура требует определённой скорости диффузии кислорода к своей корневой системе. Так, злаки менее чувствительны к недостатку  $O_2$  в почве, чем бобовые, а люцерна более чувствительна, чем клевер. Ячмень начинает испытывать кислородное голодание при СДК менее  $15 \cdot 10^{-8} \text{ г/см}^2 \text{ мин}$ , а подсолнечник – при  $20 \cdot 10^{-8} \text{ г/см}^2 \text{ мин}$ . Низкая скорость диффузии  $O_2$  к корням сказывается и на степени усвоения питательных элементов культурой. Так Л.Н. Stolsy с сотрудниками (3) установили, что содержание фосфора, калия, кальция, магния и марганца в листьях цитрусовых резко сокращалось при СДК  $33 \cdot 10^{-8} \text{ г/см}^2 \text{ мин}$ . Эти исследователи пришли к выводу, что при СДК  $20 \cdot 10^{-8} \text{ г/см}^2 \text{ мин}$ . рост большинства растений прекращается, а при СДК  $30 \cdot 10^{-8} \text{ г/см}^2 \text{ мин}$ . у растений наблюдается кислородное голодание.

Таким образом, регулируя толщину водной плёнки, покрывающей активную зону корневых волосков, путём подачи различного объёма воды, можно обеспечить оптимальное сочетание воздуха и влаги в почве для обеспечения комфортных условий для выращивания сельскохозяйственных культур. Одним из способов контроля создания оптимальных водно-воздушных условий может служить полярографический метод определения СДК. Следует отметить, что в отечественной литературе отсутствуют данные об использовании этого метода для контроля за оптимальными параметрами увлажнения почв при поливе.

С этой целью был заложен вегетационный опыт с дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой. Воздушно-сухую почву просеивали через сито с

диаметром отверстий 3 мм. Затем почву помещали в сосуды объёмом 4,5 л и увлажняли по схеме: вариант 1 – влажность 50% от наименьшей влагоёмкости (НВ); вариант 2 – влажность 65% от НВ; вариант 3 – 80% от НВ; вариант 4 – 90% от НВ; вариант 5 – 100% от НВ.

После увлажнения почвы по истечении 14 дней в сосуды помещали платиновый электрод, который представляет собой модель корневого волоска диаметром 0,6 мм и общей площадью поверхности – 0,08-0,1 см<sup>2</sup>. В качестве электрода сравнения использовали насыщенный каломельный электрод. Платиновый электрод присоединяли к отрицательному, а каломельный – положительному полюсу постоянного источника тока. С помощью переменного сопротивления на электроды подавали ток напряжением 0,65 В. Кроме величины СДК, измеряли с этих же электродов величину окислительно-восстановительного потенциала (ОВП). Повторность опыта 6-кратная. Продолжительность опыта – 6 суток. По истечении 6 дней почву не поливали, продолжая наблюдать за СДК и ОВП. Полученные данные представлены в таблице 1.

Из таблицы видно, что между степенью увлажнения почвы, СДК и ОВП существует определённая зависимость: чем сильнее увлажнена почва, тем меньше СДК и ОВП. Так, при полном затоплении, когда все поры почвы заняты водой (вариант 5), на 6 сутки СДК=0, а величина ОВП – (-33 мВ), что свидетельствует о наступлении анаэробно-биоза. Полученные нами данные не постоянны и во времени: В вариантах с увлажнением почвы 50% и 65% НВ величина СДК и ОВП со временем возрастает. При влажности почвы выше 80% - напротив, наблюдается уменьшение величины как СДК, так и ОВП. Связано это, очевидно, с тем, что при влажности почвы менее 65% платиновый электрод не сразу покрылся полностью водяной плёнкой, что сказалось на скорости диффузии ионов водорода, а, следовательно, и на величине тока, регистрируемого микроамперметром. По истечении 4 суток положение стабилизировалось.

Особенно значительными были изменения СДК и ОВП при влажности более 80% от НВ. В начале опыта, когда в порах оставался заземлённый воздух, величины СДК и ОВП были относительно высокими, что свидетельствует о не наступившем ещё процессе анаэробно-биоза. По мере исчезновения O<sub>2</sub> происходит уменьшение как СДК, так и ОВП. На 3 сутки наступил полный анаэробно-биоз.

По прошествии 6 дней, как отмечалось выше, почву перестали увлажнять, продолжая измерять СДК и ОВП. Данные таблицы 1 показывают, что в вариантах, где почва была увлажнена до влажности 50 и 65% НВ, по мере подсыхания почвы величина СДК падает, а ОВП растёт. Это связано, очевидно, с тем, что при подсыхании почвы сплошность водяной плёнки, покрывающей электрод, нарушается, что сказывается и на величине тока, регистрируемого амперметром. При высушивании почвы с влажностью 80% НВ и выше, мы наблюдали увеличение СДК и ОВП. Однако процесс восстановления окислительно-восстановительных условий протекает в разных вариантах по-разному. Так, при влажности 80% НВ аэробные условия восстанавливались на 3 сутки после прекращения полива, в то время как при 100% влажности аэробные условия не восстанавливались даже по истечении 6 дней.

Таблица 1. Скорость диффузии кислорода (СДК) и окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) в дерново-подзолистой среднесуглинистой почве при разных уровнях увлажнения

Сроки на- блюдения, дни	Влажность почвы, % от НВ									
	50		65		80		90		100	
	СДК (г/см <sup>2</sup> мин)	ОВП (мВ)	СДК (г/см <sup>2</sup> мин)	ОВП (мВ)	СДК (г/см <sup>2</sup> мин)	ОВП (мВ)	СДК (г/см <sup>2</sup> мин)	ОВП (мВ)	СДК (г/см <sup>2</sup> мин)	ОВП (мВ)
1	30,2*10 <sup>-8</sup>	+551	31,9*10 <sup>-8</sup>	+578	5,1*10 <sup>-8</sup>	+516	3,7*10 <sup>-8</sup>	+457	1,7*10 <sup>-8</sup>	+388
	35,6*10 <sup>-8</sup>	+651	35,0*10 <sup>-8</sup>	+642	0,8*10 <sup>-8</sup>	+124	0,3*10 <sup>-8</sup>	-47	0	-92
2	33,7*10 <sup>-8</sup>	+578	32,6*10 <sup>-8</sup>	+614	5,2*10 <sup>-8</sup>	+454	2,0*10 <sup>-8</sup>	+243	1,1*10 <sup>-8</sup>	+213
	28,8*10 <sup>-8</sup>	+648	31,3*10 <sup>-8</sup>	+653	19,0*10 <sup>-8</sup>	+479	7,0*10 <sup>-8</sup>	+252	0	-87
3	33,3*10 <sup>-8</sup>	+594	32,8*10 <sup>-8</sup>	+619	0,9*10 <sup>-8</sup>	+189	0,6*10 <sup>-8</sup>	+135	0,3*10 <sup>-8</sup>	+112
	28,9*10 <sup>-8</sup>	+653	30,6*10 <sup>-8</sup>	+670	21,3*10 <sup>-8</sup>	+516	11,5*10 <sup>-8</sup>	+494	0,1*10 <sup>-8</sup>	-62
4	34,1*10 <sup>-8</sup>	+608	33,0*10 <sup>-8</sup>	+635	0,8*10 <sup>-8</sup>	+158	0,4*10 <sup>-8</sup>	+98	0,3*10 <sup>-8</sup>	+42
	28,9*10 <sup>-8</sup>	+653	30,6*10 <sup>-8</sup>	+670	25,9*10 <sup>-8</sup>	+516	20,3*10 <sup>-8</sup>	+633	0,25*10 <sup>-8</sup>	+125
6	34,6*10 <sup>-8</sup>	+644	33,4*10 <sup>-8</sup>	+636	0,6*10 <sup>-8</sup>	+101	0,3*10 <sup>-8</sup>	+16	0	-33
	21,6*10 <sup>-8</sup>	+664	25,7*10 <sup>-8</sup>	+677	25,9*10 <sup>-8</sup>	+630	20,3*10 <sup>-8</sup>	+632	12,5*10 <sup>-8</sup>	+360

Примечание: в числителе - показатели до высушивания почвы;  
в знаменателе - после высушивания почвы

Полученные нами данные позволяют сделать следующие выводы:

1. Определение СДК с помощью платинового электрода позволяет установить изменения окислительно-восстановительных процессов, протекающих в почве при поливе.
2. На основании величин СДК и ОВП можно судить о времени наступления перехода аэробных процессов в анаэробные, что должно послужить сигналом о прекращении подачи воды.
3. Оптимальным уровнем полива для обеспечения корневой системы растений кислородом является влажность 65-80% НВ.

Переполив до влажности 90-100% НВ приводит к смене аэробных процессов анаэробными. Преобладание в таких почвах анаэробных процессов над аэробными наблюдается даже после прекращения полива в течение 3-6 дней.

Литература

- 1, Letey J., Stolsy L. Effect of temperature of oxygen diffusion rates and subsequent shoot growth, root growth and mineral content of two plant species. Soil Sci. v. 92, №5, 1991г.
2. Lemon E., Erickson A. Principle of the platinum microelectrode as a methode of characterising soil aeration. Soil Sci. v. 79, №5, 1985г.
3. Stolsy L.H., Letey J. Root growth and diffusion rates as functions of oxygen concentration. Soil Sci. Society of America Proceedings, v. 25, №6, 1975г.

УДК 33:519.86

## **МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ**

Г.Н.Суханов, Ю.П.Добрачев

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Прогноз развития комплекса мелиораций в регионе необходимо формировать как любой другой проект путем сравнения и выбора наиболее эффективного варианта инвестирования средств в каждый вид мелиораций. Оценку эффективности стратегии будем выполнять по разнице между результатами, получаемыми от реализации комплекса мелиораций, и затратами на их осуществление.

Изложим исходные условия (допущения) к постановке такой оптимизационной задачи:

1. выделяется регион (административное образование: субъект РФ, область, район и т.д.) с характерными почвенно-климатическими условиями, структурой землепользования, набором севооборотов;

2. задан комплекс мелиораций состоящий из  $n$  видов: 1) улучшение баланса минеральных веществ в почве, включая соотношение азота, фосфора, калия и микроэлементов; 2) устройство лесных полос, снегозадержание; 3) сохранение и накопление гумуса, включая травосеяние, компостирование, внесение навоза, использование сидератов; 4) борьба с засолением; 5) орошение, включая полив

по полосам и бороздам; 6) известкование или доломитизация; 7) осушение; 8) борьба с солонцеватостью; 9) терморегуляция; 10) борьба с эрозией, в т.ч. ветровой, ирригационной, оврагообразованием, в которых регион испытывает потребность.

3. Для данного региона задаются потребности по площадям в каждом виде, составляющем мелиоративный комплекс, с учетом почвенно-климатических условий и структуры землепользования  $\{S_i\}$ ;

4. На осуществление всех видов мелиораций ежегодно инвестируется заданный объем средств  $K$ .

Исходя из почвенно-климатических условий, количества земель сельскохозяйственного назначения, находящихся в обороте, была определена (оценена) потребность в каждом из видов мелиорации. Прогноз развития мелиораций в регионе формируется, исходя из принципа максимизации эколого-экономического эффекта с учетом экологических и технологических ограничений по их видам.

Основным показателем, характеризующим эффект мероприятия на весь расчетный период его реализации, является чистый дисконтированный доход (ЧДД) – накопленный чистый доход (интегральный эффект) с учетом неравноценных разновременных затрат и результатов. Учитывая то обстоятельство, что оценке подлежит общественная эффективность, используются понятия и соответствующие нормативы социальной нормы дисконта.

Формула дисконтированного интегрального эффекта имеет вид:

$$\mathcal{E} = \sum_{t=1}^T \mathcal{E}_t = \sum (R_t - Z_t) \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}$  и  $\mathcal{E}_t$  - интегральный и пошаговый эффект расчетного периода  $T$ ,  $E$  – норма дисконта (для нашего случая  $E = 0,06$  [1]).

Исходя из соотношения (1), запишем задачу оптимального распределения имеющихся средств по видам мелиорации ( $i$ ) в следующем виде:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n R_t^i \Rightarrow \max ,$$

а ограничение финансовых ресурсов в виде:

$$\sum_{i=1}^n Z_t^i \leq K \text{ для } t \in [1, T],$$

где  $T$  – период реализации комплексных мелиораций;  $t$  – номер года от начала реализации комплексных мелиораций;  $n$  – число видов мелиораций, составляющих комплекс;  $i$  – вид мелиорации (фактор);  $K$  – объем средств, выделяемых в год на мелиорацию.

Детально рассмотрим целевую функцию. Входящий в целевую функцию параметр  $(R_t^i)$  в содержательном плане представляет собой прирост индекса почвенного плодородия, выраженный в денежных единицах и полученный за счет реализации  $i$ -го вида мелиораций на площади  $S_i$ , т.е.:

$$R_t^i = S_i \cdot \Delta Y_i$$

где  $Y_i$  – прирост индекса почвенного плодородия за счет  $i$ -го вида мелиорации;  $S_i$  – площадь, на которой проводится  $i$ -й вид мелиорации. Адекватная денежная



оценка прироста индекса почвенного плодородия может быть получена по средней стоимости дополнительной продукции, полученной в результате реализации мелиоративных мероприятий для всех культур севооборота, доминирующего в рассматриваемом регионе.

Максимальный результат будет получен при некотором сочетании площадей мелиорируемых земель и значений прироста индекса почвенного плодородия по каждому виду мелиорации. Поиск этих соотношений достигается решением сформулированной оптимизационной задачи.

Сделаем допущение, что эффект от комплекса мелиоративных факторов (видов мелиорации) на единице площади является аддитивной функцией, как это предложено в работе Пегова и Хомякова [1]: Например, индекс почвы  $I_S$  дается в следующем виде:

$$I_S = 6,4(G_{ГН} + 0,2G_{ФК}) / 600 + 8,5 \sqrt[3]{NPK(\%)} + 5,1e^{-1} HГ^{-1} / 4 \quad (2)$$

где  $G_{ГН}$  – содержание в почве гуматного гумуса, т/га,  $G_{ФК}$  – содержание в почве фульватного гумуса, т/га,  $N, P, K$  – соответственно, содержание в почве азота, фосфора, калия в %,  $HГ$  – гидролитическая кислотность почвы, мг-экв/100г,  $e$  – основание натурального логарифма. Влияние гумуса, минеральных удобрений и гидролитической кислотности на величину индекса почвы представлено слагаемыми.

Мелиорируемая площадь земель  $S_i$ , полученная из решения оптимизационной задачи, будет являться площадью сельскохозяйственных угодий, подвергнутых  $i$ -му виду мелиорации, и, таким образом, на некоторой части сельскохозяйственных угодий комплекс мелиораций может быть представлен несколькими видами, а на другой только одним. Сумма мелиорируемых площадей, полученная из решения задачи, будет больше общей площади мелиорированных земель в силу того, что на некоторых площадях возможно проведение нескольких видов мелиораций (пересечение), то есть многократный учет одних и тех же площадей.

Важным методическим аспектом решения данной оптимизационной задачи является использование производственных функций – зависимости прироста индекса почвенного плодородия от интенсивности мелиоративного фактора и времени его воздействия, которые можно представить как функции эффективности ресурсоотдачи. Действительно, стоимость реализации того или иного вида мелиорации на единицу площади можно представить как сумму стоимости работ и стоимости материальных ресурсов, используемых в процессе мелиорации, которые позволяют однозначно задать интенсивность мелиоративного фактора («значение фактора»  $\Leftrightarrow$  «затраты на мелиорацию»)

Для некоторых видов мелиораций стоимость работ по их реализации можно принять постоянной величиной, а стоимость материальных ресурсов будет пропорциональна их количеству и, следовательно, интенсивности мелиоративного фактора. Например, стоимость работ по доставке и внесению удобрений можно принять за постоянную  $R_{УД}$ , а стоимость самих удобрений пропорциональна дозе вносимых удобрений  $Z_{УД} = Z_N q_N + Z_P q_P + Z_K q_K$ , где  $Z$  – стоимость

удобрений (азот, фосфор, калий соответственно), а  $q$  – доза удобрений на единицу площади.

Очевидно, что максимальное значение ресурсоотдачи от внесения удобрений будет являться «особой» точкой, вблизи которой будет находиться оптимальное значение функции ресурсоотдачи, удовлетворяющее сформулированной задаче. Значение этой точки можно определить графическим методом (точка касания наклонной линии с функцией ресурсоотдачи) (рис. 1).

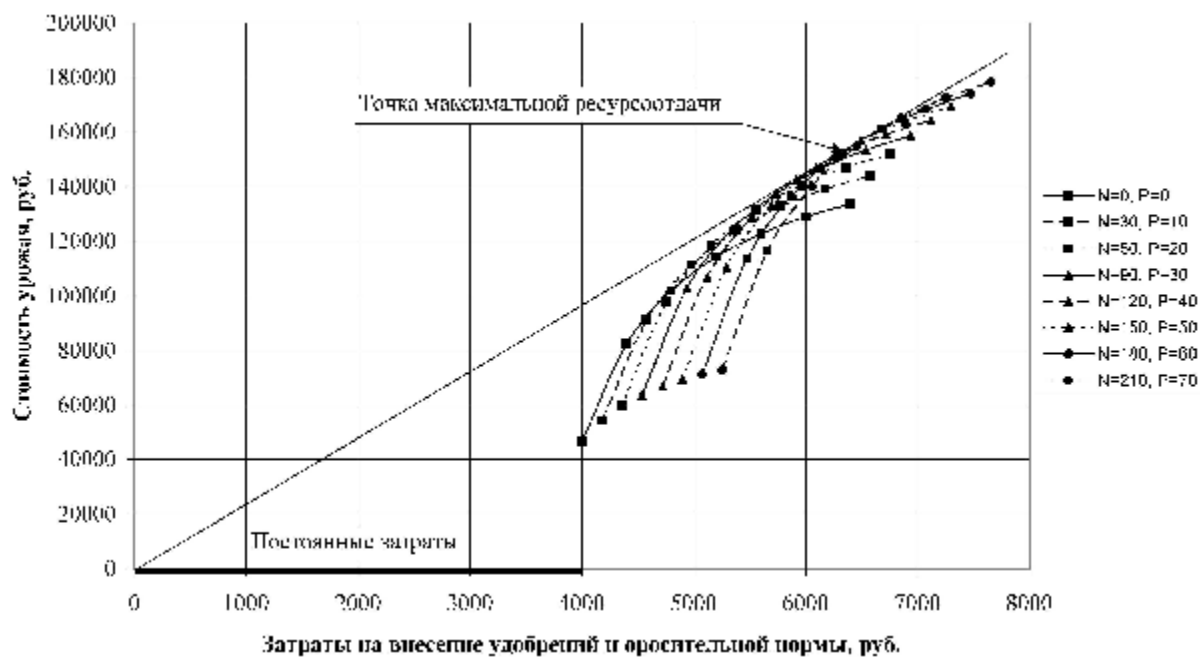


Рис.1. Зависимость урожайности яровой пшеницы от оросительной нормы при внесении удобрений, выраженная в денежном эквиваленте

При рассмотрении функции ресурсоотдачи, необходимо также принимать во внимание технологические и экологические ограничения, которые могут входить в оптимизационную задачу. Например, существует минимальная доза удобрений, ниже которой невозможно распределить удобрение равномерно по всей площади; и существует максимальная доза удобрений, внесение которой может привести к негативным экологическим последствиям в зависимости от типа почвы и состояния агроландшафта (загрязнение грунтовых вод и т.д.).

Однако изложенные представления о функции ресурсоотдачи в данной постановке задачи не являются полными. Необходимо оценить результат данного вида мелиорации на протяжении всего периода  $T$ . Для этого, используя известное соотношение (1), необходимо выполнить расчет функции ресурсоотдачи для всего периода реализации комплексных мелиораций  $T$ , варьируя параметрами интенсивности мелиоративного фактора и временем  $t$ .

Для некоторых факторов допущение об аддитивности влияния агрометрических факторов неприменимо. Это, в частности, касается удобрения и орошения, для которых эффект при совместном применении значительно превосходит сумму эффектов от применения каждого вида.

В качестве примера рассмотрим построение производственной функции совместного применения удобрения и орошения для выращивания яровой пшеницы в условиях восточной части Калмыкии (СПК “Гашун” Яшкульского района; почвы светло-каштановые, суглинистые, лёссовидные). Аналитическое выражение для зависимости урожайности яровой пшеницы от удобрений и оросительной нормы полученное в работе [2], применим для построения функции ресурсоотдачи (рис.1).

Максимальная ресурсоотдача (24 руб.) получена из производственной функции при оросительной норме 1400 м<sup>3</sup>/га и дозе удобрения 170 кг/га. За постоянные (ежегодные) затраты принята сумма затрат, не связанных с количеством вносимых удобрений и поливной нормы, и амортизационных отчислений из расчета окупаемости оросительной системы за 15 лет при затратах на строительство оросительной системы в 50 тыс.руб./га.

Использование функций совместного влияния агрометеорологических факторов значительно повышает точность решаемой оптимизационной задачи.

Алгоритм численного решения оптимизационной задачи распределения заданных ресурсов  $K$  по видам мелиораций зададим в виде пошаговой процедуры, выполняемой в три этапа. На первом этапе для каждого вида мелиоративного комплекса, в том числе для взаимодействующих факторов, рассчитываются максимумы функций по ресурсоотдаче, для которых определим значения капиталовложений на единицу площади. С учетом временного фактора (для каждого  $t$ ) возьмем отношения результатов (прирост почвенного индекса) к интенсивности фактора мелиорации в денежном выражении. Полученные нормированные значения ранжируются в ряд по убыванию.

На втором этапе ряды этих функций, ранжированные по эффективности капиталовложений, позиционируются по строчке матрицы таким образом, чтобы, с одной стороны, при этом перемещении по временной шкале функция ресурсоотдачи не утратила своего абсолютного максимума, а с другой – положение максимума на временной оси обеспечило бы приток капиталовложений в соответствии с целевой функцией (распределение во времени капиталовложений в тот или иной вид мелиорации). По существу для решения задачи используем подход динамического программирования. Так, например, известкование и лесомелиорация могут получить дополнительное преимущество, если средства будут вложены в самом начале периода  $T$  проведения комплексных мелиораций. В этом плане орошение и удобрения не будут существенно зависеть от фактора времени. В результате получим матрицу размером  $T \times i$ , которую будем использовать для расчета искомых площадей.

На третьем этапе проводится распределение площадей по видам мелиораций согласно следующему алгоритму: вид мелиорации, имеющий в (по) первом году максимальную ресурсоотдачу осуществляется на всех площадях, заявленных в потребности данного вида мелиорации. Рассчитываются необходимые капиталовложения для проведения этого мелиоративного мероприятия на найденных площадях и разность между затратами, инвестированными на проведе-

ние всех видов мелиораций и величиной израсходованных средств. Если разность будет величиной положительной, то переходим к следующему виду мелиорации, согласно его позиции в ранжированном ряду. Если разность меньше нуля, то искомая площадь определяется как частное от деления имеющихся в наличии средств на величину ресурсоотдачи. Для следующего года алгоритм расчета сохраняется. Однако в следующем году положение видов мелиораций в ранжированном ряду может быть иным, следовательно, распределение капиталовложений по видам мелиораций также будет иным.

После того, как для всех лет будут определены площади мелиорируемых земель по видам мелиораций, проводится итоговый расчет экономической эффективности проекта развития комплексной мелиорации в регионе по формуле:

$$\mathcal{E} = \sum_{t=1}^T \mathcal{E}_t = \sum_{t=1}^T (R_t - Z_t) \frac{1}{(1+E)^t} = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n S_i (Y_i^* - K_i^*) \frac{1}{(1+E)^t}$$

где,  $Y_i^*$  – прирост почвенного индекса в рублях в точке максимальной ресурсоотдачи,  $K_i^*$  – капиталовложения в  $i$ -й вид мелиорации в точке максимальной ресурсоотдачи.

Полученная величина будет служить критерием для сравнения с другими вариантами развития мелиораций в регионе.

#### Литература

1. Пегов С.А., Хомяков П.М. Моделирование развития экологических систем. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1991.
2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель. – Утверждены Минсельхозом России от 24.01.2003, введены в действие с 01.03.2003.
3. Гараев Я.Г. Научное обоснование и совершенствование технологических процессов в АПК на основе оптимизационных моделей. – М.: Пищепромиздат, 2005.
4. Добрачев Ю.П., Мучкаева Г.М. Методические подходы к созданию ресурсосберегающей технологии выращивания зерновых культур при орошении. Мелиорация и окружающая среда. Том 1. – М, ВНИИА, 2004.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ**

УДК 635:657

### **ВОЗДЕЛЫВАНИЕ НУТА В РИСОВЫХ СЕВООБОРОТАХ КАЛМЫКИИ**

С.Б. Адьяев

ОПХ «Харада» ГНУ ВНИИГиМ, Республика Калмыкия, Россия

В природно-климатических условиях Калмыкии основной задачей земледелия является создание устойчивой кормовой базы для животноводства и увеличение продуктов питания для решения продовольственной проблемы. Зерно-

бобовые культуры являются источником получения полноценного растительного белка, способствуют сохранению и повышению плодородия почв, получению экологически чистой продукции. Среди зернобобовых культур наиболее засухоустойчивым и адаптированным к местным условиям является нут. Эта культура возделывается во многих странах мира на площади свыше 11 млн.га. В Российской Федерации она занимает незначительные площади, в 2003 году около 40 тыс. га, из них 30 тыс. га сосредоточено в Волгоградской области, около 6 тыс. га в Ростовской области, Краснодарском и Ставропольском краях, Республики Калмыкия.

В условиях дефицита водных ресурсов в Республики Калмыкия особенно актуально стоят вопросы эффективного использования остаточной влаги после возделывания риса, вопросы сохранения и улучшения плодородия почвы. В перспективе для решения белковой проблемы и биологизации земледелия эта ценная культура должна занимать в структуре посевов зерновых культур Калмыкии не менее 4-5%. В связи с этим вопросы совершенствования технологии возделывания нута в рисовых чеках весьма актуальны, имеют не только теоретическое, но и большое практическое значение.

Целью проводимых исследований является совершенствование технологии возделывания нута, ориентированное на снижение затрат основных ресурсов, обеспечивающей с учетом агроклиматических ресурсов региона формирование до 2,5 т/га.

В соответствии с программой исследований полевой эксперимент включал изучение комплексного влияния условий минерального питания растений (фактор А), способа посева и норм высева семян (фактор В) на динамику роста, развития и формирование семян нута в рисовых севооборотах. Схема опыта по минеральному питанию включала следующие варианты: вариант 1 - без удобрений (контроль); вариант 2 – внесение  $N_{40} P_{15}$  для формирования планируемой урожайности 1,5 т/га; вариант 3 -  $N_{60} P_{30}$  для формирования планируемой урожайности 2,0 т/га; вариант 4 -  $N_{60} P_{45}$  для формирования планируемой урожайности 2,5 т/га.

Схема опыта по способам посева включала 2 варианта: вариант 1 – сплошной рядовой с нормой высева 200, 400, 600 и 800 тыс. всхожих семян на гектар и вариант 2 – широкорядный с междурядьями 0,6 м и нормой 200, 400, 600 и 800 тыс. всхожих семян. Представленная схема полевого эксперимента была реализована в 2002-2004 годах в рисовом севообороте ОПХ «Харада» Октябрьского района Республики Калмыкия.

Погодные условия в годы проведения исследований существенно различались и, вместе с тем, отражали климатические особенности региона, что позволило нам дать объективную оценку полученным экспериментальным данным.

Почвы участка бурые пустынно-степные. Они широко распространены по Прикаспийской низменности. В комплексе с ними обычно распространены солонцы и лугово-бурые почвы. Почвообразующей породой для них являются легкие и средние суглинки.

Характерным признаком бурых почв является бурая окраска почвенного профиля, обусловленная малым содержанием гумуса, вследствие чего окраска

почвы приближается к окраске почвообразующей породы. Наибольшим распространением по территории ОПХ пользуются среднесуглинистые разновидности.

По содержанию гумуса бурые почвы относятся к малогумусным (1,04-1,79%). С глубиной происходит заметное уменьшение гумуса. Малое содержание гумуса не способствует образованию прочной структуры агрегатов, вследствие чего данные почвы характеризуются распыленностью (пылеватые) и сравнительно легко подвергаются ветровой эрозии.

В поглощающем комплексе солонцового горизонта «Б» бурых почв преобладают катионы кальция и магния. Емкость поглощения составляет 19,1-21,6 мг. экв. Процентное содержание о поглощении натрия в горизонте «В» от емкости поглощения составляет 4-5 %. Реакция среды в горизонте «А» близка к нейтральной (рН-7,1). С глубиной она изменяется до слабощелочной. Плотность почвы по профилю с глубиной увеличивается от 1,38 до 1,60 т/м<sup>3</sup>, плотность твердой фазы изменяется по слоям от 2,73 т/м<sup>3</sup> в верхнем слое, увеличиваясь в слое 130-160 и 160-200 до 2,85-2,87 и снижается на глубине 3 м до 2,62 т/м<sup>3</sup>.

Агрохимические показатели почвенного разреза свидетельствуют о низком содержании и большой подвижности гумуса, общего и легкодоступного азота и валового фосфора, среднем содержании подвижного фосфора и высоком – обменного калия. Поглощенный натрий в пахотном слое составляет 15%, а с глубиной доля его от ёмкости катионного обмена (ЕКО) увеличивается до 27%.

В основной корнеобитаемой зоне (0-0,4 м) содержание солей изменяется от 0,204 до 0,434%. Химизм засоления в основном хлоридно-сульфатный. Ниже основной корнеобитаемой зоны (0,4-1,0 м) содержание солей увеличивается до 0,302 – 1,055% и оценивается на большей части делянок как среднее.

Емкость катионного обмена (ЕКО) в слое 0-0,4 м по делянкам изменяется от 15,5 до 25,1 мг-экв/100 г почвы.

Общая площадь опытного участка – 10 га, учетной делянки первого порядка – 270 м<sup>2</sup>. Делянки располагали методом рендомизации, в условиях, исключая взаимовлияние вариантов. Повторность опытов четырехкратная, предшественник – рис сорт Белый СКОМС. Семена нута с. Приво 1 были обработаны нутовым нитрагином штамма 522.

На вариантах с широкорядным способом посева использовали сеялку СПЧ-6, сплошных рядовых – сеялку СН-16. Глубина заделки семян в почву 0,07-0,08 м. Вспашку проводили с оборотом пласта на глубину 0,25-0,27 м. Уход за посевами состоял из послепосевного прикатывания почвы кольчатými катками и одной междурядной обработки на широкорядных посевах. В процессе исследований учитывали динамику роста и развития растений, вели наблюдения за прохождением отдельных фаз развития, изучали структуру и величину урожая, наблюдения за использованием влаги на формирование урожая семян.

Результаты исследований густоты стояния растений по всходам и перед уборкой показали, что на широкорядном и сплошном способе посева при увеличении нормы высева закономерно снижается полевая всхожесть семян, а также сохранность растений к моменту уборки. На участках сплошного посева, где всхожесть семян при максимальной норме 800 тыс. шт. за годы исследования составила всего 52,6%, а сохранность растений 85,2%. Аналогичная закономерность прослеживается и на широкорядном способе посева.

Наблюдения за ростом и развитием растений нута показали, что увеличение нормы посева способствует сокращению вегетационного периода за счет уменьшения промежутков всходы - цветение и цветение – созревание. На сплошных посевах увеличение нормы с 200 до 800 тыс. всхожих семян способствовало сокращению продолжительности вегетационного периода на 7 дней: от всходов до цветения – на 4 дня, от цветения до созревания бобов – на 3 дня. Однако на широкорядных посевах при увеличении нормы высева с 200 до 800 тыс. шт. семян наблюдалось уменьшение периода вегетации на 5 дней, соответственно по фазам развития на 3 и 2 дня.

Проведенный анализ структуры урожая по вариантам опыта показал, что изменение отдельных элементов структуры урожая в большей степени зависит от способа посева, чем от нормы высева. С увеличением нормы высева закономерно снижается высота растений, высота прикрепления нижних бобов, число бобов и зерен на одном растении, продуктивность одного растения. Например, на широкорядном способе посева нормой высева семян 200 тыс. шт./га, высота растений в среднем за годы наблюдений составила 0,55 м, высота прикрепления нижнего боба 0,25 м. С увеличением нормы до 600 и 800 тыс. шт/га эти показатели снижаются соответственно на 0,08 и 0,02 м. При сплошном способе посева высота растений изменялась в зависимости от нормы высева от 0,44 до 0,37 м, а высота прикрепления нижнего боба была ниже на 0,018 – 0,023 м.

Следует отметить, что с увеличением норм высева при обоих способах посева наблюдается снижение показателей продуктивности отдельно взятого растения. На широкорядном посеве снижение нормы высева с 800 до 200 тыс. шт. способствовало увеличению образования бобов на одном растении в среднем на 23,4 шт., зерен на 24,1, при этом масса зерен увеличилась на 8,6 г. При сплошном посеве при снижении аналогичной нормы высева на растении формировалось 36,7 шт. бобов (21,5 шт. при высева 800 тыс. шт/га), количество зерен увеличивалось на 20,2 шт. при средней массе зерна 8,3 г (3,1 г при высева 800 тыс. шт/га).

Лабораторная оценка всхожести семян по вариантам опыта была достаточно высокой и не опускалась ниже 96%, что соответствует качеству семян первого класса. Такой показатель возможен при минимальных повреждениях и микротравмировании семян при обмолоте. На основании проведенных исследований мы пришли к выводу, что оптимальной нормой высева нута в рисовых чеках на бурых почвах является 600 тыс. шт./га при сплошном способе посева и внесении минеральных удобрений нормой N<sub>60</sub> P<sub>45</sub>. При этом урожайность семян нута в зависимости от условий года исследований изменялся от 2,38 до 2,47 т/га.

УДК 631.587:633.853.52

## **ВОЗДЕЛЫВАНИЕ СОИ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ – ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА**

В.В. Бородычев, М.Н. Лытов

Волгоградский КО ГНУ ВНИИГиМ, Волгоград, Россия

Одним из актуальных направлений решения проблемы продовольственной безопасности Российской Федерации является поиск научно-обоснованных пу-

тей снижения дефицита белка и растительного масла в питании людей и кормопроизводстве. В силу ряда хозяйственно-биологических особенностей важное место в решении этой задачи отводится ценной белково-масличной культуре – сое.

Основные площади под посевами сои (свыше 80 %) в Российской Федерации сосредоточены на территории Дальнего Востока. Продвижение ее в другие регионы, в т. ч. Нижнее Поволжье связано с необходимостью решения ряда задач, обеспечивающих повышение рентабельности производства зерна сои в условиях современных экономических реалий.

В свете вышеизложенного важной задачей научного обеспечения видится совершенствование технологии управления продукционным процессом сои на основе наиболее полного учета генетического потенциала (биологической программы развития) возделываемых сортов и реакции растительного организма на определенные сочетания уровней воздействия комплекса природных и (важно!) регулируемых человеком факторов.

С 1996 года Волгоградским комплексным отделом ВНИИГиМ проводятся комплексные исследования, направленные на разработку гибких технологий управления соевыми агроценозами на основе регулирования факторов, определяющих развитие растений и формирование урожая.

Экспериментальный опыт отдела основывается на многолетних полевых и лабораторных исследованиях, проводимых на орошаемых землях Быковского, Николаевского и Дубовского районов Волгоградской области.

Исследованиями предусматривается комплексный анализ влияния на продукционный процесс сои и потребление природных и хозяйственных ресурсов условий водного и минерального питания растений, регулируемых путем проведения поливов и внесения удобрений, плотности и способов посева, а также поиск научно обоснованного размещения вегетационного периода культуры (сортов раннего срока созревания) путем смещения сроков посева.

Изучение динамики роста, развития и продуктивности сои различных групп спелости (районированных для региона исследований) в условиях дифференцированного по уровням обеспечения растений водой и элементами минерального питания позволило выявить факторы преимущественного влияния, а также значимые совместные действия факторов.

Полевой эксперимент реализован в 2000...2002 гг. на орошаемых землях Заволжской оросительной системы в АОЗТ "Агрофирма "Восток" Николаевского района Волгоградской области. Исследования проводились по плану трехфакторного опыта. Сорт, группа спелости – ультраранний (ВНИИОЗ-86), скороспелый (ВНИИОЗ-76), среднеранний (Волгоградка-1); уровень водообеспечения посевов – поддержание порога предполивной влажности почвы на уровне 60, 70, 80 % НВ, и также дифференцированно по фазам развития растений, 70-80-70 % НВ; уровень минерального питания, рассчитанный на формирование урожайности зерна 1,5, 2,5 и 3,5, соответственно  $P_{20}K_{20}$ ,  $N_{45}P_{90}K_{80}$ ,  $N_{90}P_{160}K_{140}$ .



Исследованиями определены целесообразные уровни продуктивности сортов различных групп спелости и сочетания управляемых факторов, обеспечивающих формирование такой урожайности (табл. 1).

Таблица 1. Целесообразные уровни продуктивности сои

Сорт, группа спелости	Урожайность, т/га	сочетание факторов		Целесообразность
		минеральное питание	водный режим	
ВНИИОЗ-86	2,5	N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>80</sub>	70-80	Наименьший в сравнении с другими сортами коэффициент водопотребления - 910 м <sup>3</sup> /га и наибольшей индекс доходности затрат - 1,54
ВНИИОЗ-76	3,5	N <sub>90</sub> P <sub>160</sub> K <sub>140</sub>	70-80	Наименьшие затраты водных ресурсов на формирование урожая - 980 м <sup>3</sup> /га при индексе доходности затрат - 1,77
Волгоградка-1	3,5	N <sub>90</sub> P <sub>160</sub> K <sub>140</sub>	70-80	Наибольший экономический эффект: чистый доход 19530 р./га, индекс доходности затрат 1,82

Целесообразный уровень продуктивности сои ультрараннего срока созревания (ВНИИОЗ-86) составляет 2,5 т/га, что в почвенно-климатических условиях региона исследований достигается внесением минеральных удобрений дозой N<sub>45</sub>P<sub>90</sub>K<sub>80</sub> в сочетании с проведением вегетационных поливов, ориентированных на поддержание предполивного уровня влажности почвы 70-80 % НВ. Планируемая урожайность зерна сои 3,5 т/га обеспечивается при поддержании дифференцированного порога предполивной влажности почвы 70-80 % НВ в сочетании с внесением минеральных удобрений дозой N<sub>90</sub>P<sub>160</sub>K<sub>140</sub> посевами сортов ВНИИОЗ-76 и Волгоградка-1. В условиях дефицита водных ресурсов рациональнее возделывать раннеспелый сорт ВНИИОЗ-76, чем достигается наиболее экономное расходование оросительной воды на формирование урожая. Для получения наибольшего экономического эффекта при производстве зерна сои на таком уровне урожайности следует использовать среднеспелый сорт Волгоградка-1.

Таким образом, генетический потенциал современных сортов сои и климатические ресурсы юга Европейской части России позволяют получать 2,5...3,5 т/га в условиях орошаемого земледелия.

Экспериментально установлены закономерности суммарного испарения влаги посевами сои в условиях регулируемого водного и питательного режима растений. Математическое описание установленных закономерностей представлено выражением вида:

$$\text{Волгоградка-1} - E_{crop} = 4500 + 0,17 \cdot y - 5,4E - 6 \cdot y^2 + 4,7E - 11 \cdot y^3$$

$$\text{ВНИИОЗ-76} - E_{crop} = 4072 + 0,14 \cdot y - 5,0E - 6 \cdot y^2 + 4,8E - 11 \cdot y^3$$

$$\text{ВНИИОЗ-86} - E_{crop} = 3130 + 0,15 \cdot y - 4,4E - 6 \cdot y^2 + 3,5E - 11 \cdot y^3$$

где  $Y = \frac{U + k \cdot Q}{g}$ , причем  $k$  для сорта Волгоградка-1 – 0,6565, ВНИИОЗ-76 – 0,6090, ВНИИОЗ-86 – 0,7177;  $g$  – гидротермический коэффициент вегетационного периода;  $U$  — показатель обеспеченности сои элементами минерального питания, кг д.в./га,  $U = I + x$ ;  $I$  — суммарная доза минеральных элементов (NPK) используемых из почвы с учетом коэффициентов использования питательных элементов по азоту – 0,8; фосфору – 0,2; калию – 0,2;  $x$  — суммарная доза минеральных элементов (NPK) вносимых с удобрениями, кг д.в./га;  $Q$  — показатель водообеспечения посевов сои, м<sup>3</sup>/га,  $Q = J + P$ ;  $J$  — оросительная норма, м<sup>3</sup>/га;  $P$  — осадки за период вегетации сои, м<sup>3</sup>/га

Квадрат коэффициента корреляции полученных аппроксимаций составляет по сорту Волгоградка-1 – 0,78, ВНИИОЗ-76 – 0,70, ВНИИОЗ-86 – 0,71.

В течение вегетационного периода процесс испарения воды посевами характеризуется существенной неравномерностью. Пик водопотребления обычного приходится на период формирования бобов, но может в значительной степени как вправо, так и влево по оси времени. Численный статистический анализ экспериментального материала позволил нам оценить долевое влияние природных и регулируемых факторов на динамику варьирования среднесуточного водопотребления. Наибольшее влияние на величину суточного испарения воды посевами сои оказывали метеоусловия в период вегетации культуры, 49 % (рис. 1).

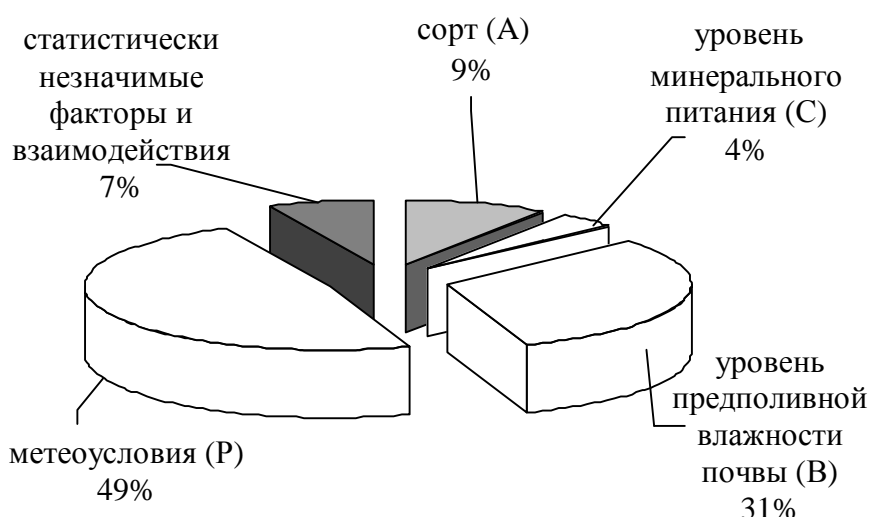


Рис.1. Долевое влияние факторов на динамику варьирования среднесуточного водопотребления сои

Наиболее простым и надежным методом, позволяющим снизить долю возмущений параметров среднесуточного испарения по фактору метеоусловий является метод биофизических (биоклиматических) коэффициентов. Исследова-

ниями установлены численные значения биоклиматических коэффициентов для природных условий региона, получены регрессионные уравнения, позволяющие рассчитать величину коэффициента для любого периода развития сои (табл. 2).

Таблица 2. Изменение биоклиматических коэффициентов испарения сои в зависимости от суммы среднесуточных температур воздуха

Сорт	Вариант водного режима почвы, %НВ	Корреляция, $R^2$	Форма связи (уравнение регрессии)
Волгоградка-1	70-80-70	0,88	$y = -9E-08x^2 + 0,00030x + 0,0815$
ВНИИОЗ-76	70-80-70	0,89	$y = -8E-08x^2 + 0,00025x + 0,0846$
ВНИИОЗ-86	70-80-70	0,88	$y = -1E-07x^2 + 0,00034x + 0,0739$

Квадрат коэффициента корреляции полученных выражений, 0,88...0,89, свидетельствует о возможности их практического применения при планировании поливного режима сои.

Наряду с дефицитом водного и минерального питания определенные трудности при выращивании сои создает высокая требовательность культуры к теплу в сочетании с продолжительным периодом вегетации. Появление новых сортов сои ультрараннего срока созревания определяет перспективу расширения посевов при орошении и ставит задачу повышения эффективности использования климатических ресурсов региона. В 2002...2004 гг. в условиях светлокаштановых почв Волгоградского Заволжья проведен комплексный полевой эксперимент, в котором наряду с условиями водообеспечения посевов (фактор А: 60, 70, и 70-80 % НВ) и питательного режима растений (фактор В:  $N_{10}P_{25}K_{25}$ ,  $N_{50}P_{85}K_{80}$ ,  $N_{90}P_{145}K_{135}$ ) изучалось влияние сроков посева сорта ВНИИОЗ-86 на продукционный процесс, потребление водных ресурсов и рентабельность производства зерна сои.

Смещение сроков проведения посева сои с 10 по 30 мая сопровождается увеличением ее зерновой продуктивности и ростом потребленной за период вегетации влаги (табл. 3). При этом наиболее эффективен коэффициент водопотребления  $1767 \text{ м}^3/\text{т}$ , на формирование урожая вода расходуется при посеве 20 мая в сочетании с поддержанием предполивного уровня влажности почвы 70-80-80 % НВ и внесением минеральных удобрений дозой  $N_{50}P_{85}K_{80}$ . Наибольшая рентабельность производства зерна сои получена при посеве семян 20 мая. Индекс доходности затрат составил 1,74.

Задача повышения эффективности возделывания сои в условиях интенсивного земледелия предусматривает наиболее полное использование ее биологических ресурсов. Соя, как бобовая культура, способна создавать продуктивные симбиозы с некоторыми видами азотофиксирующих бактерий. Однако этот по-

тенциал культуры в настоящее время используется слабо, а иногда – во вред производству. Основная причина – сложная схема взаимодействия плодородия почвы, минерального азота и азотофиксирующих бактерий, которые в определенных условиях проявляют паразитирующие свойства. В силу этого обстоятельства при расчете доз внесения минеральных удобрений рекомендуется учитывать азотофиксирующую деятельность симбиоза путем снижения нормированных объемов выноса азота посевами сои. Однако, рекомендуемая степень снижения нормы выноса азота посевами сои варьирует в широких пределах, от 20...25 до 70...75 %, что создает определенные трудности. Поэтому в исследованиях 1999...2002 гг., проводимых на посевах сои с. Волгоградка-1 при орошении предусматривалось определение наиболее эффективных соотношений минерального и биологического азота для различных уровней планируемой урожайности зерна. Дозы азотного питания рассчитывались, исходя из трех уровней возмещения потребляемого элемента за счет деятельности азотофиксирующих бактерий: 75, 50 и 25 % от потребности. На фоне поддержания трех уровней предполивной влажности почвы (70-70-70 % НВ, 70-80-70 % НВ и 70-80-80 % НВ) вносили следующие дозы минеральных удобрений:  $P_{40}K_{30}, N_{30}$   $P_{40}K_{30}, N_{60}P_{40}K_{30}, N_{30}P_{100}K_{90}, N_{70}P_{100}K_{90}, N_{110}P_{100}K_{90}, N_{45}P_{160}K_{150}, N_{95}P_{160}K_{150}, N_{145}P_{160}K_{150}$ .

Таблица 3. Показатели эффективности возделывания сои на зерно в зависимости от срока проведения посева (водный режим почвы 70-80 % НВ, доза минерального питания  $N_{50}P_{85}K_{80}$ )

Дата посева	Урожайность, т/га	Водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т	Индекс доходности затрат
10 мая	2,32	4450	1921	1,58
20 мая	2,57	4530	1767	1,74
30 мая	2,60	4630	1780	1,71

Наименьшие затраты минеральных удобрений на формирование зерна сои сложились при внесении  $P_{40}K_{30}$ . Повышение уровня минерального питания способствовало увеличению урожайности зерна сои. Увеличение дозы минерального азота с 30 до 70 кг д.в./га на фоне  $P_{100}K_{90}$  повышало урожайность, в среднем, на 0,4...0,5 т/га ( $НСР_{05, т/га} - 0,10...0,17$ ). Однако, при повышении дозы минерального азота до 110 кг д.в./га на том же фоне фосфорно-калийного питания урожайность снижалась. При внесении минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна сои (фосфорно-калийный фон  $P_{160}K_{150}$ ) наибольшая урожайность сои, 4,03 т/га, получена при внесении 95 кг д.в./га минерального азота. На формирование 1 т зерна при этом расходовалось не более 100,4 кг д.в. минеральных удобрений. Установлена зависимость зерновой продуктивности посева сои от уровня возмещения потребляемого растениями азота за счет биологической составляющей и рассчитанного на планируемую уро-

жайность фосфорно-калийного фона. Зависимость представлена уравнением регрессии вида:

$$Y = 1.04 - 0.03 \cdot q + 0.14 \cdot q^2 + 3.81 \cdot \gamma - 3.91 \cdot \gamma^2 - 0.10 \cdot q \cdot \gamma$$

где  $Y$  – фактическая урожайность зерна сои, т/га;  $q$  – уровень планируемой урожайности зерна сои, т/га;  $\gamma$  – доля азота от общей потребности посевов в элементе, возмещаемая за счет деятельности азотофиксирующих бактерий, в долях единицы.

Таким образом, при формировании урожайности зерна сои на уровне 2,0 т/га за счет деятельности азотофиксирующего симбиоза возмещается до 75 % общей потребности растений в азоте. При формировании 3,0...4,0 т/га зерна сои азотофиксирующие бактерии возмещают 45...55 % азота от общей потребности растений в элементе.

Учет генетического потенциала растений и биологических особенностей культуры позволяет повысить эффективность производства зерна сои и формировать урожайность до 4,0 т/га при минимальных нагрузках на сформировавшиеся экосистемы.

#### Литература

1. Целевая отраслевая программа развития производства и глубокой переработки сои в Российской Федерации до 2010 года. М., 2003
2. Бородычев В.В., Лытов М.Н., Пахомов А.А. Эффективность орошения сои в условиях Нижнего Поволжья./ Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. - № 6. – С. 36-38.
3. Лытов М.Н. Условия эффективного применения удобрений на посевах сои при орошении.// Применение средств химизации – основа повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и сохранения плодородия почв./ Матер. межд. научн. конф. ВНИИА. – М., 2004. – С. 147-149.

УДК 581.526.426.52

### **ФИТОМЕЛИОРАЦИЯ ДЕСТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ПОЙМЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НИЖНЕЙ ВОЛГИ НА ОСНОВЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СОЛОДКОВЫХ АССОЦИАЦИЙ**

В.Н. Буравцев, Г.А. Булаева, Н.З. Шамсутдинов  
ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Сегодня Россия вынуждена на корм животным расходовать более  $\frac{2}{3}$  всей продукции растениеводства, в том числе около 70% валового сбора зерна. Пастбищные корма составляют у нас не более 10-12%, в то время как в странах с высокоразвитым сельским хозяйством – до 44% общего расхода кормов. Одной из причин этого является деградация пойменных лугов.

Особенно интенсивно процессы деградации пойменных земель протекают в сухостепной и полупустынной зонах, к которым относится Нижнее Поволжье, в частности Волго-Ахтубинская пойма. Уничтожение естественных продуктивных пойменных луговых фитоценозов ведет к деградации сенокосов и пастбищ и постепенно ликвидирует функцию поймы как ландшафтно-

геохимического барьера, вызывая ухудшение общей экологической обстановки на приречной территории. Учитывая буферную роль луговых фитоценозов, служащих источником самого дешевого корма, необходимо предпринять меры по их сохранению, восстановлению и улучшению.

С этой целью в Астраханской области на опытных участках разработаны и проверены фитомелиоративные технологии рекультивации деградированных пойменных лугов, а также залужения залежей, бросовых ранее орошаемых старопахотных массивов и вышедших из оборота земель рисовых систем на основе применения солодки голой, являющейся наиболее ценным с экологической и экономической точек зрения растением. Солодка обладает средообразующим воздействием и является источником получения кормов и ценного сырья для фармацевтической и пищевой промышленности.

### **Требования к технологиям восстановления деградированных земель**

В процессе проведения работ нами выявлены закономерности формирования составов естественных ассоциаций растений мезофильных лугов с участием солодки.

Знание закономерностей развития растений солодки и формирования продуктивности ее надземной массы и корней в луговых ассоциациях позволили сформулировать требования к технологиям восстановления деградированных пойменных солодковых лугов, создания культурных плантаций и их эксплуатации, в том числе, добычи товарного корня:

1. Выбор участков для проведения работ по фитомелиорации пойменных земель для восстановления деградированных естественных луговых ассоциаций или орошаемых земель должен базироваться на детальном их геоботаническом, почвенном, гидрологическом и гидрогеологическом обследовании.

2. При освоении земель на основе солодковых ассоциаций в состав фитомелиорирующих центров должны включаться растения, обеспечивающие замещение и взаимное дополнение видов в сообществах, не являющихся конкурентами для солодки в естественных сообществах.

3. Улучшение естественных солодковых популяций на пойменных лугах должно проводиться на основе интенсификации способности солодки к вегетативному размножению путем искусственного расчленения, отделения в почве дочерних корней от материнских. Это позволяет максимально совместить работы по заготовке товарного корня с работами по улучшению естественных солодковых зарослей.

4. Возделывание солодки в культуре, учитывая ее требования к влажности почвы и уровню залегания грунтовых вод, практически затруднено без применения традиционных мелиораций, прежде всего полива.

5. При эксплуатации естественных солодковых ассоциаций добыча товарного корня солодки допустима только на тех участках, где доля участия солодки в сообществах трав составляет не менее 40%. Приоритет следует отдавать участкам, где солодка представлена плотными, сплошными, многолетними зарослями.

6. Не допускается разработка естественных зарослей солодки для добычи корней на несвязных или мало связных почвах грив прирусловой части поймы.

На пойменных землях нежелательна добыча корня в полосе контакта затопляемой и незатопляемой частей, во избежание массового заселения их рудеральными видами.

7. Глубина обработки почвы при копке корней солодки не должна превышать в среднем 0,4 м. Однако в каждом конкретном случае глубина может выбираться исходя из особенностей архитектоники корней, зависящей от различной морфологии почвенного профиля, а также технологии копки корней.

8. При копке корней солодки не допускается перемешивание генетических горизонтов почвы с вовлечением в обрабатываемый слой малоплодородных или бесплодных глеевых или осолоделых горизонтов.

9. Масса выбираемых товарных корней не должна превышать 60% от их общей массы (биологического урожая) в разрабатываемом слое почвы. В зависимости от способа копки корней этот параметр может приобретать “плавающий” характер, например, может быть завышен в случае не сплошной, полосовой обработки участка.

10. Пространственное направление движения обрабатывающих орудий при копке корней на естественных зарослях пойменных заливных лугов не должно активизировать процесс водной эрозии почв при прохождении паводка.

11. После добычи товарного корня на естественных зарослях солодки должны быть проведены агротехнические мероприятия, обеспечивающие охрану почв от пересыхания, ветровой и водной эрозии, восстановление зарослей солодки и сопутствующих ценных трав.

#### **Технология улучшения естественных солодковых ассоциаций**

В соответствии с разработанными требованиями, нами совместно с ГНУ ВНИИОЗ (Мамин В.Ф., Салдаев А.М.) созданы и с 1997 года проверяются в опытно-производственных условиях на пойменных лугах Наримановского района Астраханской области две новые технологии улучшения естественных солодковых зарослей, а так же система машин для их реализации. Технологии и средства механизации защищены патентами. Обе технологии основаны на интенсификации способности солодки к вегетативному размножению при искусственном расчленении, отделении в почве дочерних корней от материнских.

Первая технология применяется при улучшении естественных солодковых пойменных ассоциаций с долей участия солодки более 40%, допускающей заготовку товарного корня. Технология предусматривает полосовую копку товарного корня, при которой происходит расчленение и выборка корней в обработанных полосах, а в необработанных полосах – резервациях сохраняются нетронутые заросли солодки и сопутствующих трав. Полосы-резервации служат для сохранения и ускоренного вегетативного размножения солодки, путем прорастания расчлененных в процессе заготовки корней в обработанные полосы, а также служат для предотвращения ветровой и водной эрозии на обработанных полосах. В зависимости от состояния солодковой ассоциации, рельефных и почвенных условий соотношение ширины обработанных полос к ширине резерваций может варьировать от 6,0 до 0,5. При сохранении резерваций восстановление запасов корней происходит в 2 раза быстрее, чем при сплошной копке корня, где этот срок составляет 6-8 лет. Подсев на разработанных полосах по-

сле выборки товарного корня сопутствующих трав (мятлика, пырея, костреца) позволяет наряду с предупреждением эрозии улучшать видовой состав пойменного луга, вытесняя сорные травы.

Для реализации указанной технологии создана специальная роторная машина для копки и извлечения товарных корней, работающая без оборота обрабатываемого пласта почвы. Машина обеспечивает вырезание, частичный подъем и разрыхление корнесодержащего пласта почвы на полосе шириной 1,1 м до глубины 0,6 м и вычесывание из этого слоя товарных корней солодки специальным ротором.

Вторая технология улучшения естественных солодковых зарослей применяется без добычи товарного корня на ассоциациях с долей участия солодки 20-40%, где добыча товарного корня недопустима. Технология основана на разделении от материнских, центральных корней, разрезании в почве корневой системы солодки путем поделки вертикальных щелей шириной 2 см на глубину 40-80 см.. Это позволяет улучшить аэрацию и увеличить запасы влаги корнеобитаемого слоя почвы, повысить способность солодки к вегетативному размножению за счет быстрого появления новых вегетативных побегов и корней. В результате в течение последующих двух лет происходит активное пространственное развитие новых растений солодки, увеличение массы их корней и интенсивное накопление в них питательных веществ, т.е. увеличение запасов кондиционных товарных корней в 1,5-2 раза.

Для реализации этой технологии создано навесное орудие, имеющее три вертикальных серповидных ножа, расстояние между которыми может меняться в требуемых пределах.

### **Технологии создания на деградированных орошаемых землях культурных плантаций солодки**

Обработка технологий создания культурных плантаций солодковых сообществ начата с 1997 года в Черноярском и Наримановском районах Астраханской области на деградированных и заброшенных чеках рисовых оросительных систем.

Для создания культурных солодковых ассоциаций применяются два способа: посадка корневищ (черенков), имеющих пазушные почки и посевом семян.

Вегетативный способ размножения черенками, технологически более эффективен, так как он не требует тщательной подготовки почвы к посадке. Кроме того, основное преимущество вегетативного размножения по сравнению с семенным проявляется на засоленных почвах и состоит в том, что сильное угнетение жизненного состояния сеянцев наблюдается при концентрации более 1,5% хлоридно-сульфатных солей, а саженцев – 2,5%. Это позволяет применять для полива солодки, необходимого в первые два года ее развития, воду более высокой минерализации. Однако вегетативный способ влечет за собой более высокие материальные затраты, так как при нем расходуется на посадку черенками 2,5-3 тонны корней солодки на гектар.

Второй способ более дешев, но требует достаточно сложной подготовки семян к посеву и более тщательной подготовки почв. В среднем затраты на



закладку плантаций солодки (как при орошении, так и без него) при посеве в 1,2-1,7 раза меньше, чем при вегетативном способе размножения.

Предлагаемые технологии для создания культурных плантаций солодки указанными способами реализуются с помощью имеющихся в производстве сельскохозяйственных машин. Солодка, посеянная в хорошо подготовленную, выровненную почву, в дальнейшем мало нуждается в уходе и способна вегетировать в течение десятков лет в монокультуре.

Заготовку посадочного материала (черенков и семян) желательно вести в популяциях солодки, местообитания которых наиболее близки по условиям тем, в которых будет создаваться на их основе культурная плантация. Так, например, сбор семян для создания плантаций на засоленных землях предпочтительно проводить на растениях, длительно произрастающих на аналогичных почвах.

Первую заготовку товарного корня солодки на культурных плантациях, как правило, проводят на пятый-шестой год. Технологии добычи корня аналогичны вышеприведенным для естественных зарослей. После добычи товарного корня, возобновление ее культурных зарослей идет естественным вегетативным способом.

### **Эффективность работ**

Разрабатываемые технологии фитомелиоративных работ, основанные на использовании солодки, позволяют осваивать засоленные и заброшенные орошаемые земли Волго-Ахтубинской поймы под солодковые луговые ассоциации при минимальных затратах средств.

Так, реконструкция деградированных и заброшенных частей рисовых оросительных систем, а также мероприятия по восстановлению плодородия деградированных почв, необходимые для экономически выгодного и экологически безопасного возобновления производства риса потребует капитальных вложений 3500-4000\$ на гектар. Освоение же указанных систем и земель под культурные плантации солодки возможно при капитальных вложениях 1000-1200\$ на гектар при вегетативном способе и 600-800\$ на гектар при семенном способе размножения солодки.

Ежегодные приведенные эксплуатационные затраты на проведение поливов солодки по сравнению с рисом снижаются в 4 раза, а затраты поливной воды на гектар почти в 8-10 раз. При этом, кроме первого года возделывания солодки, значительно снижаются требования к минерализации поливной воды, которая может достигать 5 г/л.

Урожайность солодки в культуре после выхода плантации на проектную мощность составит не менее 20 т/га сухого товарного корня, и 6 т/га сена (при одном укосе в год). Расчетная себестоимость тонны солодкового корня составляет 150\$, а сена – 20\$. Расчетная прибыль с одного гектара с учетом того, что заготовка корня осуществляется раз в три года (при продажной цене корня – не менее 350\$, а сена – 40\$ за тонну), составит около 1450\$. Реализация товарного корня и сена солодки, получаемых в процессе работ по улучшению естественных зарослей солодки позволит получать прибыль с одного гектара не менее 2000\$.

С.М. Васильев

ФГОУ ВПО НГМА, Новочеркасск, Россия

Высокая степень освоенности земель Ростовской области и чрезмерные техногенные нагрузки привели к тому, что степи стали природной зоной, имеющей значительную площадь нарушенных земель и прогрессирующих негативных процессов. Для достижения максимума воспроизводящих свойств орошаемых ландшафтов необходимо рациональное использование всех природных элементов в едином комплексе. Требуется защита результатов мелиоративной деятельности от негативных последствий возникающих в результате изменения среды и других побочных явлений, снижающих положительный расчетный эффект. Повышение эффективного использования земельных ресурсов должно проводиться путем внедрения новых водо- и почвосберегающих технологий орошения, адаптированности гидромелиоративных систем для ландшафта. К таким системам в полной мере можно отнести мобильные оросительные системы, - у которых все элементы оросительной сети (водозаборное сооружение, насосные станции, оросительная сеть, поливная техника) перемещаются в процессе полива непрерывно с участка на участок или работают позиционно в течение поливного периода. Такие системы позволяют использовать водосберегающие технологии орошения. Мобильные оросительные системы позволяют производить индивидуальное оптимальное планирование поливов, что повышает урожайность орошаемых культур в среднем на 12...14 %, экономится 8...12 % оросительной воды и соответствующих затрат энергии и труда; уменьшается отрицательное влияние орошения на гидро-геолого-мелиоративную обстановку на орошаемых и смежных с ними землях и на плодородие почв [1].

Предварительно благоприятные условия опытных участков (40 га каждый), для организации циклического орошения определили по рекомендациям [2] - уровень залегания грунтовых вод (не менее 3 м) и наличие близких источников местного стока и оросительно-обводнительных каналов. Почвы участков представлены южным мицеллярно-карбонатным черноземом. Границы участков расположены вблизи с постоянной оросительной сетью (канал БГ-Р-7). Длительность временного орошения участка ограничили поднятием уровня грунтовых вод до критического уровня - 2 м. Экологическую надежность циклического орошения увеличили за счет биологического дренажа культурами с соседнего неорошаемого участка.

Для проведения исследований были выбраны дождевальные шлейфы ШД-25-300, ШД-25-30-А, предлагаемые специалистами ФГНУ «РосНИИПМ», и комплект КСИД -10А, выпускаемый АО «Автополив» г. Тирасполь. В состав комплекта мобильной оросительной сети на первом контрольном участке вошли: передвижная насосная станция СНН- 50/80 - 1шт; трубопровод раз-

борный РТ-180, РТШ-180 - 1200 м; дождевальные шлейфы ШД-25-300 и ШД-25-30-А. Второй контрольный участок орошался серийно выпускаемым комплектом технологического оборудования синхронно-импульсного дождевания КСИД-10А. Импульсные аппараты работали одновременно на всей площади в режиме непрерывно чередующихся пауз накопления воды в гидропневмоаккумуляторах и периода его выплесков под действием сжатого воздуха.

Участки обрабатывала арендная бригада из 12 человек. Направление сельскохозяйственного производства на участках обусловлено расбалансированностью цен на продукцию и энергоносители. Поэтому выращивались культуры, которые можно отнести к продуктам первой необходимости, пользующиеся постоянным спросом у населения и не требующие организации перерабатывающих предприятий. На первом контрольном участке выращивали: капусту - 10 га; лук - 30 га. На втором: капусту - 10 га; лук - 20 га; и арбузы - 10 га. Но как оказалось, такая традиционно рентабельная культура, как арбузы оказалась убыточной, в связи с поставкой на рынки более дешевых и обладающих высоким товарным видом сортов из Турции. Поэтому урожайность арбузов не учитывалась, как нерентабельной культуры.

Агротехника на контрольном участке была общепринятой. Влажность почвы не опускалась ниже 0,65-0,8 наименьшей влагоемкости в расчетном слое.

Расчет норм и сроков полива проводили по специально разработанным методикам [3] которые основываются на изменении динамики влагозапасов корнеобитаемого слоя. На основании этих методик определены экологически безопасные нормы для сельскохозяйственных культур в севооборотах на южных черноземах. Оросительные нормы по вариантам были одинаковы. Число поливов при импульсном дождевании составило 142, при среднеструйном дождевании - 17. Интенсивность дождя составила величину 0,2 - 0,23 мм/мин. Периодическое орошение культур производилось качественной оросительной водой I класса по С.Я. Бездниной (минерализация 0,43 - 0,45 г/дм<sup>3</sup>). Диапазон регулирования влажности почвы на контрольном участке находился в пределах 0,75 - 0,8 наименьшей влагоемкости. Активный слой орошаемой почвы составлял 6,3 - 0,4 м. Экологически безопасная поливная норма (достоковая) определена в 350 м<sup>3</sup>/га для капусты и 500 м<sup>3</sup>/га для лука. Средняя урожайность овощных культур на первом контрольном участке составила: капусты - 23,7 т/га; лука - 17,4 т/га; на втором - 23,8 т/га и 17,8 т/га соответственно.

Улучшение водного и температурного режимов растений при импульсном дождевании способствовало увеличению урожайности капусты на 0,42 % , а лука на 2,23 %. Это можно объяснить тем, что 2003 г. был достаточно влажным, по сравнению с годами проведения контрольных испытаний КСИД. Импульсное дождевание позволило снизить оросительную норму на 18,1 % для лука и на 15,2 % для капусты, но затраты на приобретение и эксплуатацию комплектов КСИД оказались на порядок выше, чем при использовании дождевальных шлейфов. Такое положение вещей делает широкое использование комплектов КСИД практически недоступными для большинства малых и

средних хозяйств Ростовской области, несмотря на высокую экологичность. К тому же небольшой расход воды при значительных площадях полива приводит к небольшой интенсивности дождя и чтобы достичь нормы полива целесообразно в несколько раз увеличить продолжительность орошения, а это затраты электроэнергии и времени.

Более низкая энергоемкость и стоимость эксплуатации дождевальных шлейфов, а также преимущества по сравнению с традиционно используемой техникой орошения заставили обратить внимание на целесообразность их использования в периодическом орошении. Поддержание влажности почвы на необходимом уровне без доведения ее до верхнего предела создает возможность аккумуляции части естественных осадков в слое активного влагообмена. Такой подход позволяет повысить коэффициент продуктивного использования естественных осадков уменьшить оросительную норму и соответственно снизить величину угнетающего воздействия искусственного орошения на формирование естественного режима развития почв.

Экспериментальное внедрение периодического (циклического) орошения на базе мобильных оросительных систем обеспечило прирост овощных культур, улучшились водно-физические и химические свойства почв на опытных участках.

#### Литература

1. Шумаков Б.Б., Остапчик В.П. Оптимальное управление - непременное условие эффективности и экологической безопасности в орошаемой земледелии. // Вестник с.-х. науки. - № 6,- 1989.
2. Аксенов Ю.И. Пути экологического совершенствования мелиоративного и водохозяйственного строительства, //Сб. науч. тр. Южгипроводхоза: "Экологические аспекты мелиоративного строительства". - Ростов - на- Дону. - 1990.
3. Айдаров И.П., Голованов А.И., Никольский Ю.Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель - М.: Агропромиздат, 1990. - 59 с.

УДК 631.347

## **ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОЗДАНИЮ СИСТЕМ ОРОШЕНИЯ И ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

Городничев В.И.

ФГНУ ВНИИ "Радуга", Коломна, Россия

На современном этапе ученые России ориентируются на разработку ГМС нового поколения, более тесно увязанных с конкретными ландшафтами и природно-климатическими условиями районов, где возможно их осуществление.

В настоящее время для полива, в основном, применяется устаревшая или высоконапорная, энергоемкая поливная техника. Сейчас ряд негативных явлений устраняется подачей питательных веществ одновременно с поливной водой. Однако настал момент, когда для полива нужно создавать машины, поливные мостовые агрегаты нового поколения и на их базе многофункциональные

оросительные системы с локальной автоматикой и телемеханикой, обеспечивающие высокую энергоэффективность, экологическую безопасность, энерго-, ресурсо-, материалосбережение, работающие круглосуточно и высокой производительностью, автоматическую, в крайнем случае, автоматизированную подачу воды на поля с суточным удовлетворением ее потребления растениями.

Системы орошения и машины нового поколения должны быть низконапорными, обеспечивать качественное выполнение полива за счет оптимизации алгоритма водоподачи и совмещение полива с одновременной подачей воды, питательных веществ, веществ для борьбы с болезнями, сорняками и вредителями, химмелиорантов для структуризации почвы, регуляторов роста растений и активизации фотосинтеза.

Машина и элементы оросительной системы должны быть модульными, легко собираемыми за счет унификации, конкурентноспособными за счет повышения технического уровня (качественных показателей полива, разнообразия и качества внесения питательных и других химических веществ), применения новых материалов, современных средств управления, эффективных конструктивных решений, обладающих новизной и защищенных патентами, иметь высокую надежность работы и производительность, отвечать международным стандартам.

Энергоэффективность новых оросительных систем и снижение энергопотребления достигается за счет: высокой унификации, использования гипоидных (планетарных) колесоприводов с более высоким КПД и уменьшением усилий на перекачивание; снижения давления воды с улучшением качества полива, уменьшения расхода воды машинами при суточном удовлетворении растений влагой, в т.ч. с поливом ночью; увеличения КПД при использовании электрической энергии; многофункционального применения машин и установок с переходом на поливные мостовые агрегаты и одновременным внесением элементов питания, структуризации почвы, борьбы с сорняками и болезнями, ускорения роста растений, мульчирования; повторного использования сбросных вод; контроля и оптимального управления технологическими процессами и операциями на основе компьютерной, микроконтроллерной техники, средств автоматизации. Совмещение операций позволяет исключить целый набор сельскохозяйственной техники, уменьшается уплотнение почвы, а следовательно снижаются энергетические затраты на ее рыхление.

Ресурсосбережение обеспечивается за счет экономии воды, удобрений, электроэнергии, топлива при строительстве, реконструкции и эксплуатации оросительных систем с использованием техники орошения нового поколения, а снижение материалоемкости за счет новых конструктивных решений и оптимальной компоновки приводов, элементов и узлов машин, установок, использования облегченных шин, специальных гусеничных движителей, применения тонкостенных труб, современных материалов, в т.ч. пластмассовых для изготовления, как рабочих органов, так и труб, также других деталей и узлов, совершенствования алгоритма и программ управления, когда одновременно работает не более 1...2 приводов, в результате сечение управляющих кабелей уменьшается, применения радиоуправления, в т.ч. на базе сотовой связи, оп-

тико-волоконной автоматики, когда исключаются дорогостоящие управляющие медные и алюминиевые провода и кабели с увеличением быстродействия, снижения количества линий управления (до одной), их массы, внедрения современной высоконадежной микрокомпьютерной, микроконтроллерной и цифровой электронной техники вместо менее надежной, громоздкой, тяжеловесной релейной автоматики для контроля и управления технологическими операциями и процессами, защиты и блокировки.

Оросительные системы будут улучшать экологическую обстановку за счет создания высокого качества орошения с равномерностью полива и коэффициентом эффективности не ниже 0,9; крупностью капель дождя порядка 0,5...2 мм и выдачей нормы полива, удовлетворяющей оптимальному произрастанию сельскохозяйственных культур, когда будет отсутствовать дождевая эрозия, разрушение и смыв почвы, загрязнение окружающей среды (водоемов, рек) химическими и другими веществами, совмещения ряда операций при использовании поливной техники, когда происходит минимальное уплотнение почвы, его накапливание, применения новых технологий полива.

Оросительные системы нового поколения – это высокоавтоматизированные и телемеханизированные системы, сочетающие локальную автоматику и диспетчеризацию, имеющие иерархическую связь.

Автоматизация хорошо налаженного технологического процесса орошения, внесения питательных и других веществ позволяет получать высокие технико-экономические и качественные показатели. Успех в значительной мере определяется правильным выбором степени и объема автоматизации с учетом последних достижений науки и техники.

Средства управления в составе систем орошения нового поколения должны работать как автономно, так и в составе иерархической системы, обладать гибкостью, быть модульными и высокоунифицированными, надежными в работе, обеспечивать контроль управления, анализ, диагностику и отображение хода технологических процессов, воздействовать на условия жизни растений и среды их обитания, должны выполняться на базе современной компьютерной, микропроцессорной, микроконтроллерной и электронной цифровой техники, в качестве линий связи использовать проводные и, в первую очередь, радио, оптоволоконные каналы, линии электропередач.

В нашем случае системы управления должны контролировать и регулировать водный режим с обеспечением оптимальных влагозапасов в почве, параметры приземного слоя воздуха, качественную подачу питательных веществ с поливной водой (органических, минеральных удобрений, микроэлементов), средств активизации фотосинтеза, борьбы с вредителями растений (клещами, круглыми червями, слизнями, насекомыми), гербицидов для борьбы с сорной растительностью, химмелиорантов, а также иметь возможность управлять и производить электростатическую и электромагнитную обработку воды.

На ближайшую перспективу дождевальные оросительные системы нового поколения с учетом вышесказанного должны включать в свой состав усовершенствованные и унифицированные широкозахватные дождевальные машины фронтального или кругового действия, выполненных на базе машин "Кубань" и

их модификации. В первую очередь, целесообразно заменить привод колес опорных тележек на гиппоидный (планетарный), создав комплекс мотор-колесо, использовав облегченные резинотехнические шины или гусеничные тракты. При этом необходимо обеспечить увеличение скорости движения в 2 раза, что даст возможность осуществлять малоинтенсивное дождевание и выдавать нормы полива порядка 50...100 м<sup>3</sup>/га. Дождеобразующий пояс должен быть комбинированным, обеспечивающий обычный полив, полив животноводческими стоками и мелкодисперсный (аэрозольный) для подачи ядохимикатов, растворов солей по блокировке поступления радионуклидов в растения на зараженных почвах. Замена релейной, контактной электротехнической аппаратуры, средств автоматики на бесконтактные электронные и процессорные с использованием оптико-волоконных каналов связи позволит не только выполнять обычные функции синхронизации движения тележек и машины по курсу, но много дополнительных, обеспечивая при этом снижение веса и надежность их работы.

Предполагаемое иерархическое управление объектами оросительной системы диктует необходимость обеспечения автоматического и дистанционного запуска и реверса машины, последовательного запуска опорных тележек, исключая одновременное их включение и работу более одного привода во время движения машины, иметь возможность автоматического и дистанционного регулирования нормой полива (скоростью движения крайней тележки), дистанционно управлять каждой опорной тележкой с пульта машины или местного пульта для управления их недопустимого выбега или отставания. На машине необходимо предусмотреть защиту и блокировку от наличия возможных аварийных ситуаций, систему автоматической диагностики и отображения, модемы (контролируемые пункты) для телемеханической связи с вышестоящими диспетчерскими пунктами. Конструкция машины должна иметь модульный принцип построения.

На машинах кругового действия дополнительно необходимы устройства для полива углов, регулирования нормы полива на первых опорных тележках и предусмотрены средства управления ими для увеличения площади и качества полива.

Разработка малоэнергоёмкой техники орошения и отработка способов ее эксплуатации, технологий переустройства существующей оросительной сети под эту технику потребует большого объема экспериментальных исследований и опытно-производственных испытаний конструкторских разработок и технологий, для чего требуется наличие соответствующей материально-технической базы и обеспечения финансирования.

Д.П. Гостищев

Россельхозакадемия, Москва, Россия.

Наиболее распространенным способом полива в большинстве стран с развитым орошаемым земледелием наряду с дождеванием является поверхностный. В аридных зонах с древними традициями орошаемого земледелия страны Ближнего Востока, Индия этот способ полива является основным. В СССР поверхностный полив применяли на 60% орошаемых площадей, расположенных главным образом в зоне сухих степей и полупустынь. В Средней Азии, Казахстане, Азербайджане поверхностным способом поливали практически всю орошаемую площадь.

В Болгарии этот способ применяли приблизительно на 60%, в США - свыше 60%, во Франции на 12% поливаемой площади.

По данным американских специалистов затраты ручного труда на поверхностном поливе на 60% выше, чем при дождевании установками кругового действия.

Совершенствование техники поверхностного полива происходит в основном по двум направлениям: разработка и внедрение совершенных средств механизации; улучшение способа подачи воды на поля, рациональное использование водных ресурсов (повторное применение воды, импульсная подача и др.). В России наиболее прогрессивным способом орошения - дождеванием поливалось 3,6 млн. га или 70% от всех орошаемых земель, площадью 5,2 млн.га. При этом 67 тысяч дождевальных машин, третья часть - широкозахватные машины типа «Фрегат», «Волжанка», «Днепр».

Сущность орошения дождеванием и его важнейшие положительные стороны изложены многими авторами: Б.А. и Б.Б. Шумаковыми, В.Ф. Носенко, Г.А. Ландесом, А.М.Буцыкиным, Ю.А. Москвичевым, К.В. Губером и др.

В настоящее время для транспортировки и внесения жидкого навоза на сельскохозяйственные угодья применяются мобильные жижевыбрасыватели различных типов и дождевальные машины: дождевальный трубопровод ДКН-80, модернизированная машина «Фрегат» ДМУ-Асс, ДФС-120, дальнеструйная машина ДДН-ЮОС, для близпочвенного орошения «Коломенка - 100» - электрифицированная фронтальная машина с водозабором на закрытой оросительной сети. Она имеет 10 фермовых полетов, опирающихся на 11 самоходных опор с электроприводом. Подача воды в водопроводящий трубопровод осуществляется из напорной сети с помощью шарнирного двухзвенного водозаборного устройства с опорной техникой. Выбрав всю длину водозаборного устройства, машина останавливается. Техничко-экономические показатели машины приведены в таблице. Равномерность распределения дождя достигается регулированием дождевальных аппаратов.

При приблизительно одинаковых поливных нормах по секциям глубина промачивания почвы уменьшалась от неподвижной опоры к периферии круга



полива с 60 до 35 см. При малой интенсивности дождя вода глубже проникала в почву, чем при большой.

У дождевальных машин кругового действия, обеспечивающих полив в движении, интенсивность дождя и время пребывания точки в зоне дождя существенно изменяется по длине захвата машины. Однако, сочетание интенсивности дождя с продолжительностью дождевания, должно обеспечивать выдачу по возможности одинакового слоя воды за один оборот машины. Для обеспечения структуры дождя, отвечающей агротехническим требованиям паспортной производительности дождевальной машины «Фрегат», давление на входе в машину следует поддерживать в пределах  $\pm 5\%$  заданного его значения.

Из всех способов орошения внутрипочвенное (ВПО) - наиболее современный способ полива сточными водами. При этом способе полива полностью исключается соприкосновение сточной воды с наземной частью возделываемых культур, обеспечивается получение продукции, безопасной в санитарном отношении, что не всегда достигается при использовании для этих целей поверхностных способов полива и дождевания. При ВПО достигается полная механизация и автоматизация распределения воды в корнеобитаемом слое почвы.

Трубчатые системы ВПО для подачи воды в почву основаны на использовании внутрипочвенных увлажнителей различных конструкций. Эти системы получили наиболее широкое применение как в нашей стране, так и за рубежом.

Из всех систем ВПО кротовое наиболее дешево и доступно. Внутрипочвенно-кротовые системы основаны на применении искусственных кротовин для подачи воды в почву. Их устраивают механизированным способом на глубине 40...60 см. Высокое качество кротовин обеспечивается при влажности почвы на глубине их закладки 70...80% НВ. Грунт при этой влажности достаточно пластичен.

Равномерность увлажнения почвы при ВПО по результатам исследований В.И. Бобченко, В.Р. Ридигера, Г.Ю. Шейнкина, В.Б. Гордеева, Б.Б.Шумакова, Д.П. Гостищева и других зависит от сочетания факторов, влияющих на впитывание воды, расстояний между увлажнителями, режима подачи воды в поливную сеть и способа ее устройства.

В работах по качественному и количественному распределению влаги в почву из кротовых, полиэтиленовых и гончарных увлажнителей с экраном полиэтиленовой пленки установлена связь между объемом воды, раздаваемым с 1 м погонной длины увлажнителя, и размерами контуров увлажнения.

Исследованиями установлено, что время добегаания, в основном, зависит от расхода, скорости и напора в голове увлажнителей, а также от предполивной влажности почвы и ее гранулометрического состава. Установленные зависимости получены для полиэтиленовых, гончарных и некрепленых кротовых увлажнителей.

Максимальные расход и скорость движения жидкости наблюдаются в процессе добегаания по кротовым увлажнителям и их заполнения. Е.В. Астаповым и В.И.Бобченко выдвинуто предположение что, чем выше эта скорость, тем равномернее и больше увлажнение почвы по длине увлажнителей. Однако,

чем выше скорость заполнения, тем меньше срок службы кротовых увлажнителей. В опытах с неприкрепленными увлажнителями установлено, что они работают на протяжении одного вегетационного периода, если расход не превышал 0,25.. .0,30 л/с, а скорость 0,06.. .0,08 м/ч и всего 1...2 полива - при расходе от 0,3...0,5 л/с и до 0,2м/с. Исследование закрепленных раствором полимера кротовых увлажнителей позволяют наряду с увеличением срока службы повысить и скорость добегаания, а также увеличить их длину и равномерность увлажнения.

#### Литература

1. Шумаков Б.Б., Гостищев Д.П., Ноздрин Л.К. Дождевальная техника для полива сточными водами. Мелиорация и урожай, № 4, М., 1987
2. Шумаков Б.Б., Гостищев Д.П., Валиев А.М. Дождевальный аппарат. А.с. № 1424769, Б.И. №35, 1988.
3. Справочник. Орошение. Под редакцией Шумакова Б.Б. М., Колос.19
4. Гостищев Д.П. Ресурсосберегающие экологически обоснованные технологии орошения сточными водами и животноводческими стоками. Сб. Научных докладов международной научно-практической конференции ВНИИ «Радуга», Коломна, 2004
5. Боровой Е.П., Гостищев Д.П., Овчинников А.С. Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации систем внутрипочвенного орошения водами и животноводческими стоками. Саратов, 2000.

УДК 631.67

## **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННЫХ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ**

Губер К.В.

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Одной из наиболее актуальных проблем в орошаемом и осушаемом земледелии является создание конструкций гидромелиоративных систем, обеспечивающих ресурсосбережение и экологическую безопасность. Такие системы должны в комплексе регулировать водный, воздушный, тепловой, пищевой, солевой режимы почв и растений, а также фитоклимат посевов. Эти функции выполняются внутрихозяйственной частью систем, на долю которых в зависимости от их мощности приходится 50...100% всего объема капитальных вложений.

Создание внутрихозяйственных гидромелиоративных систем, исходя из условий регулирования режимов агробиоценозов, применения способов орошения и осушения, организации территории, должно базироваться на следующих принципах:

1. Обеспечение комплексного регулирования режимов агроценозов в соответствии с водно-физическими свойствами почв и возделываемыми сельскохозяйственными культурами и фазами их развития.

2.Создание конструкций систем замкнутого типа при сборе, накоплении, переработке и повторном использовании дренажно-сбросных вод на орошение в пределах мелиорируемого массива.

3.Многоцелевое использование оросительной сети и поливной техники при внесении с водой различных агрохимикатов (удобрений, микроэлементов, химмелиоратов, пестицидов, ростовых веществ), а также работой машин в режимах опрыскивания и опыливания.

4.Разработка конструкций систем при минимизации их материало- и энергоемкости.

5.Автоматизация процессов сбора, контроля, управления технологическими процессами и их параметрами при проведении поливов и внесении агрохимикатов.

6.Обеспечение надежности работы и экологической безопасности при эксплуатации систем.

7. Создание условий для внедрения интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур при сокращении числа рабочих операций.

ГМС должны являться составной частью агромелиоративного ландшафта природно-климатической зоны, обеспечивая его экологическую и социальную устойчивость, а также высокую продуктивность.

На ГМС предусматривается осуществление всего комплекса мелиоративных приемов, необходимых для конкретной природно-климатической зоны, а также комплексное регулирование водного, воздушного, солевого, теплового и пищевого режимов почв и микроклимата приземного слоя атмосферы, обеспечивающих поддержание и повышение плодородия почв, высокую продуктивность сельскохозяйственных культур и получение целесообразных объемов экологически чистой сельскохозяйственной продукции.

На оросительных системах осуществляются комплексы мероприятий, включающие водосберегающие режимы и технологии орошения сельскохозяйственных культур, противofiltrационные меры на всех звеньях каналов и трубопроводов оросительной сети, уменьшающие опасность подъема уровня грунтовых вод, снижающие объемы коллекторно-дренажного стока и уменьшающие водозабор из источников орошения.

На осушительных системах нового поколения осуществляется двойное регулирование водного режима почв, для чего используется часть объема воды, сбрасываемого с осушаемых территорий в период осушения, зааккумулированного в специальных прудах-водоемах. Системы двойного регулирования позволяют также создать оптимальный водный режим почв, обеспечивающий поддержание и повышение их плодородия, высокую продуктивность сельскохозяйственных культур и сокращение объемов коллекторно-сбросного стока.

Сокращение объемов коллекторно-сбросного стока и улучшение его качества на мелиоративных системах нового поколения достигается проведением комплекса мероприятий, включающих водосберегающие технологии орошения, двойное регулирование водного режима при осушении, оборотное использование воды при орошении и использование средств механической, химической и

биологической очистки коллекторно-дренажных вод с дальнейшим их использованием для орошения или водоснабжения.

Мелиоративные системы нового поколения должны создаваться как при осуществлении нового мелиоративного строительства, так и при проведении реконструкции физически и морально устаревших мелиоративных систем. Эти системы обеспечивают рациональное и экономное использование природных ресурсов.

Экологически ориентированная гидромелиоративная система – природно-хозяйственный объект, в состав которого входят мелиорируемая площадь и инженерные сооружения, обеспечивающие оптимальные режимы управления агробиоценозами выращиваемых сельскохозяйственных культур и не допускающие возникновения негативных явлений при их эксплуатации.

Оросительная система – природно-хозяйственный объект, включающий орошаемую площадь и комплекс взаимосвязанных сооружений, зданий и устройств, обеспечивающих в сочетании гидротехнических и других видов мелиорации в условиях недостаточного естественного увлажнения поддержание в корнеобитаемом слое почвы и подстилающем грунте орошаемого массива оптимальных водно-воздушного, солевого, пищевого и температурного режимов для получения планируемых урожаев сельскохозяйственных культур при сохранении необходимого экологического равновесия агроландшафтов.

Осушительная система – природно-хозяйственный объект, включающий осушаемую площадь и комплекс взаимосвязанных сооружений, зданий и устройств, обеспечивающих в сочетании гидротехнических и других видов мелиорации в условиях переувлажнения земель поддержание в корнеобитаемом слое почвы и подстилающем грунте осушаемого массива оптимальных водно-воздушного, пищевого и температурного режимов для получения планируемых урожаев сельскохозяйственных культур при сохранении необходимого экологического равновесия агроландшафтов.

Осушительно-увлажнительная система – природно-хозяйственный объект, включающий осушаемую площадь и комплекс взаимосвязанных сооружений, зданий и устройств, обеспечивающих в условиях переувлажненных земель двустороннее регулирование водно-воздушного, пищевого и температурного режимов почв путем осушения земель и дополнительного увлажнения в критические периоды роста и развития растений.

Создание внутрихозяйственных гидромелиоративных систем, исходя из вышеизложенной концепции, условий применения способов орошения и осушения, их районирования, организации территории и разработка новых водосберегающих технологий в России ведется по следующим направлениям: обеспечение комплексного регулирования режимов агробиоценозов в соответствии с водно-физическими свойствами почв и возделываемыми сельскохозяйственными культурами и фазами их развития; создание оросительных систем с замкнутым циклом водооборота при сборе, накоплении, переработке и повторном использовании дренажно-сбросных вод на орошение в пределах орошаемого массива и многоцелевым использованием оросительной сети и поливной техники и водооборотных осушительно-увлажнительных систем с подпочвенным

увлажнением и дождеванием; разработка технических решений по замене открытых оросителей на водоводы, обеспечивающие подачу воды к самоходным машинам и увеличению КПД оросительной сети и КЗИ орошаемого участка; разработка технологий по снижению интенсивности водоподачи при проведении поливов; создание комплекса поливной техники для его многоцелевого использования и разработка технологических режимов работы при внесении с поливной водой различных агрохимикатов, а также обеспечение режимов опрыскивания и опыливания в сочетании с машинами для их транспортировки; установление оптимальных типов поливной техники, исходя из минимизации их материалоемкости и энергоемкости и возможности многоцелевого применения; технологию утилизации дренажно-сбросных вод для повторного использования их на орошение при деминерализации и улучшения качественного состава, с учетом допустимых норм; автоматизация процессов сбора, контроля, управления технологическими процессами и их параметрами при проведении поливов и внесении агрохимикатов за счет использования как централизованных, так и локальных и технических средств; технологию производства строительных работ с минимальным нарушением почвенного покрова по трассам каналов и трубопроводов и гидросооружений. обеспечение надежности работы и экологической безопасности при эксплуатации систем

Конструкции гидромелиоративных систем должны обеспечивать: при орошении земель – регулирование водного, воздушного, солевого, теплового и пищевого режимов; при осушении земель – регулирование водного, воздушно-го, питательного и теплового режимов в соответствии с требованиями растений, обеспечивающих рациональное природопользование.

Для проведения экологически безопасной мелиорации выбран ландшафтный принцип оценки использования и охраны водных и земельных ресурсов. С учетом конкретных условий объекта мелиорации применяются агромелиоративные, агролесомелиоративные или инженерно-мелиоративные мероприятия. К последним относятся орошение и осушение земель, включающие устройство оросительной и осушительной сети и проведение орошения с использованием различных технических средств для поддержания в почве оптимального уровня влажности.

Создание экологически ориентированных ГМС на основе прогрессивных способов орошения (дождевание, поверхностное, капельное, внутрипочвенное орошение, мелкодисперсное дождевание) позволит совершенствовать технологии: поверхностного орошения (дискретный, импульсный и др. поливы); дождевальной техники на основе параметрических рядов и её применения за счет многофункционального использования (внесение агрохимикатов с поливной водой, опрыскиванием и опыливанием); систем капельного и внутрипочвенного орошения за счет снижения энерго- и материалоемкости и требований к качеству очистки воды. Кроме того, это позволит использовать для систем мелкодисперсного дождевания серийную дождевальную технику на основе дооснащения специальными рабочими органами и разработать технические средства внутрипочвенного орошения на основе модификации систем капельного орошения. Необходимо оптимизировать схемы внутрихозяйственной оросительных сис-

тем при различных видах поливной техники в условиях различных форм собственности. Результатом разработки являются технические решения по модульным средствам ГМС для зон незначительного, недостаточного, неустойчивого и избыточного увлажнения в условиях различных агроландшафтов, включающие новые конструкции сооружений на гидромелиоративной сети, поливной техники, устройств для деминерализации и очистки дренажно-сбросных вод, оборудования для улучшения качества поливной воды и внесения с ней агрохимикатов, а также средств контроля и управления. Разработки распространяются на внутрихозяйственную часть ГМС.

Современные экологические требования к мелиоративным системам ставят на первое место снижение отрицательного воздействия орошения на окружающую среду. В первую очередь это относится к исключению подъема грунтовых вод и загрязнению водоемов ядохимикатами, смываемыми с полей, а также снижению деградирующего воздействия орошения на почву. В комплексе различных мелиоративных мероприятий важную роль в решении этих задач занимает разработка и создание принципиально новых технических средств и технологии орошения. Уменьшение объема подачи воды за счет применения прогрессивных способов и техники полива обеспечивает предотвращение фильтрации воды в нижележащие слои почвы. Это позволяет исключить подъем уровня грунтовых вод и улучшить аэрацию почвы. Достигается значительная экономия поливной воды, а также повышается урожайность и качество сельскохозяйственной продукции.

Рекомендации по применению технических средств орошения позволяют производить реконструкцию устаревших и строительство новых оросительных систем в соответствии с требованиями экологической безопасности при высокой эффективности использования водных, земельных, трудовых, материальных и энергетических и временных ресурсов.

Наибольшую перспективу имеют способы орошения, которые обеспечивают не только экономное использование воды, но и возможность подачи растворенных в ней питательных веществ непосредственно в зону расположения корневой системы растения.

В гумидной зоне ГМС нового поколения представляют собой осушительные системы двойного регулирования. Осушение осуществляется преимущественно закрытым дренажем. Осушительные системы двойного регулирования имеют две основные разновидности.

1. Осушительно-увлажнительная система, с помощью которой дренажная сеть в период осушения отводит воду с осушаемого массива за его пределы, а в период увлажнения подает воду к мелиорированным землям для их дополнительного увлажнения. Такие системы успешно осуществляют двойное регулирование в условиях равнинного и слабоуклонного рельефа, поэтому широкого распространения в гумидной зоне России не получили.

2. В условиях сложного рельефа с выраженными уклонами местности для обеспечения двойного регулирования применяются осушительно-оросительные системы, представляющие осушительную систему с закрытым или комбинированным дренажем. На нее накладывается система дождевания. Для орошения

осушаемых земель используются объемы воды, аккумулированные в специальных прудах и водоемах и отводимые с мелиорированных площадей в период осушения. На мелиорированных землях гумидной зоны и прилегающих территориях выполняется комплекс мероприятий по недопущению возникновения процессов водной эрозии почв. Для улучшения водно-физических свойств почв и их раскисления осуществляются биологические и химические мелиорации.

Водооборотные осушительно-увлажнительные системы позволяют оптимизировать водный, воздушный и тепловой режимы почв, экономно использовать водные ресурсы, повторно использовать дренажные воды и растворенные в них питательные вещества, утилизировать загрязняющие вещества, повышают экологическую устойчивость мелиорируемых агроландшафтов по сравнению с традиционными гидромелиоративными системами. Вместе с тем требуется дальнейшее совершенствование конструкций таких систем и технологий управления водным режимом, отвечающих принципам повторного водопользования, экономии водных и материальных ресурсов и экологической безопасности. Разработано ряд принципиальных схем таких систем.

В последние годы сложилась крайне неблагоприятная обстановка с пожарами на торфяниках сельскохозяйственного и торфяных почвах сельскохозяйственного назначения. Пожары на этих землях вызваны рядом причин, к которым относятся: малоснежные зимы, и, как следствие, малые запасы влаги в почве; общее потепление климата, приводящее к глубокому иссушению торфяников; отсутствие материальных ресурсов для надлежащей службы эксплуатации на осушительных системах. Пожары приводят к огромным материальным потерям: уничтожению лесов, нарушению почвенного покрова, пожарам населенных пунктов, экологическим катастрофам, связанным с задымлением и образованием смога. В связи с этим нужно провести ряд мероприятий, направленных как на тушение торфяников, так и особенно на профилактику их возникновения в будущем. Для этого необходимо пересмотреть подходы к проектированию осушительных систем с точки зрения их пожарной безопасности. Необходима разработка ряда способов и конструкций систем, предотвращающих распространение пожаров на торфяниках.

Разработка новых конструкций систем и технологий их эксплуатации позволяют снизить их материал- и энергоёмкость на 10-15%, обеспечить экономию водных ресурсов на 10-20%, повысить производительность труда на 20-25%, поднять КЗИ на 5-8%.

УДК 631.4:631.67.03

## **УЛУЧШЕНИЕ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ И АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЦИКЛИЧНОГО ОРОШЕНИЯ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ**

О.А. Захарова

Рязанская государственная сельскохозяйственная академия, Рязань, Россия

Регулярное орошение сточными водами в ОАО «Рязанский свинокомплекс» ведется с 1975 г. на площади 790 га. В настоящее время орошаемая

площадь значительно уменьшилась и составляет не более 80 га. Биологическая очистка сточных вод оценивается гидрологической и санитарно-эпидемиологической лабораториями как неудовлетворительная.

В первую очередь орошение сточными водами изменяет свойства и режимы серой лесной почвы. За этот срок (с 1975 по 2004 гг.) ухудшились ее водно-физические свойства: плотность возросла с 1,20 до 1,45 г/см<sup>3</sup>. Уплотнению орошаемых почв способствует закупорка пор в результате увеличения количества низкоагрегированного ила. Уплотняющие деформации снижают скорость впитывания поливной воды, ухудшают аэрацию почвы и состав почвенного воздуха, препятствуют всхожести семян и оказывают давление на корни. Так, содержание воздуха снизилось до 9,50%, порозность составила 45,25%. Почва во влажном состоянии характеризуется вязкостью, в сухом – становится монолитно-плотной, разбитыми трещинами, на поверхности образуется корка.

При изучении влияния орошения сточными водами необходимо проведение регулярного мониторинга земель, что является необходимым условием для разработки мероприятий по улучшению ее качества, предупреждению и восстановлению деградированных почв, а также получению экологически чистой сельскохозяйственной продукции. Многочисленными исследованиями показано, что требуется дифференцированный подход к применению сточных вод в качестве удобрения (В.Т. Додолина, 1995 и др.). По ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, сточные воды не должны оказывать отрицательного воздействия на агрохимическое, мелиоративное и санитарное состояние почвы, качество растениеводческой продукции. Совершенствование агротехнологии с целью уменьшения негативного воздействия орошения сточными водами на агроэкосистемы становится актуальной задачей настоящего времени.

Из неблагоприятных последствий регулярного орошения сточными водами можно отметить ухудшение впитывающей способности почвы и колюматацию подпахотного горизонта, что проявлялось в образовании луж на поверхности после полива и поверхностного стока по уклону местности, что может вызвать развитие эрозионных процессов, сильно развитых на территории Рязанской области из-за неровностей рельефа. Так, коэффициент фильтрации с 1975 по 1995 гг. снизился на 0,29 м/сут.

Изучение влияния орошения сточными водами на изменение плотности почвы при разных технологиях полива показало следующее. Выращиваемые культуры – многолетняя бобово-злаковая травосмесь. Точечные пробы почвы отбирались почвенным буром на полях орошения методом «конверта» с последующим отделением смешанной. Анализы производились в лаборатории агрохимической службы «Рязанская» и на кафедре агрохимии и почвоведения Рязанской ГСХА. Исходная (1975 г.) плотность почвы в слое 0-30 и 30-60 см составила 1,20 и 1,44 г/см<sup>3</sup>. Как показали результаты самостоятельных исследований и анализ данных института «Рязаньагроводпроект», непрерывное орошение сточными водами свинокомплекса с 1975 по 1995 гг. привело к уплотнению почвы на 0,25 и 0,06 г/см<sup>3</sup> соответственно слоям почвы. Отмечено увеличение плотности верхних горизонтов почвы при орошении за счет заполнения пор тонкими частицами при перемещении низкоагрегированного ила из верхней в



среднюю часть профиля, образования плужной подошвы и при формировании почвенной корки. Уплотняющие деформации снижают скорость впитывания поливной воды, ухудшают аэрацию почвы и состав почвенного воздуха, препятствуют всхожести семян и оказывают давление на корни. Хотя грунтовые воды залегают глубоко и выращиваемые травы имеют высокую транспирацию, после подачи высоких поливных норм наблюдается уменьшение содержания кислорода. Это свидетельствует о затруднении аэрации орошаемых сточными водами почвы. Уплотнение почвы может быть начальной фазой слитизации почв. Увеличение плотности до  $1,4 \text{ г/см}^3$  может быть необратимо и возврат к исходному состоянию невозможен. Плотность почвы, регулярно орошаемой сточными водами, выше этой величины на  $0,05...0,1 \text{ г/см}^3$ . Морфологически пахотный горизонт выглядит как монолитная плита, разбитая трещинами.

Негативные изменения произошли в почве вследствие большого поступления взвешенных частиц, ила, наносов и других элементов со сточными водами из-за длительного их использования, неэффективной очистки и нарушения режима и технологии полива (сточные воды подаются на поля в настоящее время в количестве и сроки, удобные хозяйству). Содержание гумуса снизилось на  $0,31...0,36\%$ . Из-за высокого содержания в сточных водах азота и калия увеличилась их концентрация в почве: общего азота - на  $4,72 \text{ мг}$ , нитратного - на  $2,50$  и аммиачного - на  $1,65 \text{ мг}$ , обменного калия - на  $8,65 \text{ мг/100 г}$  почвы.

Проведенные в 1995...1997 гг. лизиметрические исследования показали, что при орошении сточными водами нормой азота  $300 \text{ кг/га}$  наблюдаются положительные тенденции. Орошение сточными водами способствовало оструктурированию пахотного слоя почвы. В агрономическом отношении наибольшую значимость имеют такие показатели, как содержание водопрочных макроструктуры и пыли (отдельностей менее  $0,25 \text{ мм}$ ). Так, процентное содержание наиболее ценных агрегатов размером  $1,0...5,0 \text{ мм}$  возросло за три года на  $11,45\%$ .

Большое значение для агрономической характеристики почвы имеет водопрочность ее структуры, то есть образование прочных, неразмываемых в воде отдельностей. Такая структура образуется в результате скрепления механических элементов органо-минеральными коллоидами, скоагулированными необратимо. Почвы, обладающие водопрочной структурой, имеют благоприятный для развития растений водно-воздушный режим и хорошие физические свойства. В слое почвы  $0-25 \text{ см}$  по сравнению с исходными показателями порозность возросла на  $2,67\%$ . Возросло содержание в почве воздуха на  $1,6\%$ . Плотность почвы уменьшилась по сравнению с исходными показателями на  $0,33 \text{ г/см}^3$ .

Пахотный слой серой лесной почвы характеризуется распыленной структурой и имеет склонность к заплыванию после выпадения дождей и поливов. Подпахотный горизонт обладает лучшей структурой.

Снижение плотности почвы после полива может происходить за счет набухания почвенных коллоидов, разложения органики, расклинивающего действия корней, а также благодаря активизации жизнедеятельности микроорганизмов, червей и насекомых.

При орошении сточными водами, содержащих большое количество питательных веществ, изменяются агрохимические свойства почвы. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почвы на вариантах опыта (средние значения)

Вариант опыта	Показатели						
	рН	Гумус, %	Азот общ.	Азот нитрат.	Фосфор подв.	Калий обмен.	Сумма солей, %
			мг/100 г почвы				
1	6,6	3,2	0,8	2,95	19,05	8,85	0,055
2	6,6	3,2	0,6	1,60	18,00	8,25	0,016

Наиболее заметное накопление питательных веществ в почве прослеживается по мере увеличения нормы сточных вод и в слое почвы 0-25 см, где сосредоточена большая часть корней растений. Так, в этом слое почвы за три года орошения сточными водами наблюдалось увеличение содержания Нобщего на 0,56 мг; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 3,50 мг и K<sub>2</sub>O - 6,03 мг/100 г почвы.

Изменилось содержание в почве разных форм азота. Так, за три года орошения содержание NO<sub>3</sub><sup>-</sup> возросло по сравнению с исходным на 1,87 мг, содержание NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - 0,41 мг/100 г почвы.

Кислотность почвы снизилась до 6,8...6,85 единиц.

В слое почвы 25-50 см наблюдаются аналогичные изменения, но в меньшем размере.

Особенно четко прослеживается положительное влияние орошения сточными водами на степень гидролитической кислотности, увеличение емкости поглощения и степень насыщенности ППК основаниями. Наблюдается снижение гидролитической кислотности почвы (H<sub>2</sub>), то есть уменьшение содержания ионов водорода, находящихся в почве на 1,0 мг-экв/100 г почвы; повышение суммы обменных оснований в слое почвы 0-25 см на 1,9 мг-экв/100 г почвы.

Таким образом, в первые годы орошение сточными водами ведет к улучшению агрохимических и физических свойств серой лесной почвы. Оптимальной нормой внесения сточных вод является норма из расчета азота 300 кг/га. Именно она в данных почвенно-климатических условиях может обеспечить полноценную их утилизацию, не вызвав загрязнения почвы, поверхностных и грунтовых вод, растениеводческой продукции. В то же время регулярные поливы сточными водами вызывают аккумуляцию химических веществ в почве и растениях и, в конечном итоге, ведут к деградации.

Для снижения и предотвращения дальнейшего загрязнения агроэкосистемы, а также восстановления деградированных почв нами предлагается введение циклического орошения сточными водами оптимальной с экологической точки зрения нормой внесения азота сточных вод 300 кг/га с учетом конкретных почвенно-климатических особенностей региона.

За расчетный показатель циклов нами взято накопление в продукции растениеводства нитратов, как наиболее опасного химического соединения. В результате обработки опытных данных рассчитана зависимость их аккумуляции в продукции от срока орошения сточными водами.

Полученная модель имеет частный вид:

$$\Phi_K = \frac{\{783,11 + 96,99 \cos T_i^2 + 326,79 \sin t_i^2\}}{0,105},$$

где  $\Phi_K$  - концентрация нитратов в растениеводческой продукции от срока орошения сточными водами;  $T$  - срок орошения сточными водами, лет;  $t$  - срок орошения природной водой, лет.

По вышеприведенной формуле рассчитаны циклы: в течение четырех лет производится орошение сточными водами оптимальной с экологической точки зрения нормой внесения азота 300 кг/га, а в последующие два года - только природной водой. Используя цикличность в орошении сточными водами можно улучшить качественные показатели почвы.

В 2002 г. получен патент РФ. № 2192738 БИ № 32 «Способ орошения с использованием животноводческих стоков».

Для сравнительной оценки традиционной и предлагаемой технологий орошения сточными водами проведены производственные исследования (1997...2003 гг.). Внедрение результатов исследований проводилось в 1997 г. в АОЗТ «Искра» (ныне ОАО «Рязанский свинокомплекс») на площади 300 га.

В опыте были использованы два варианта:

- 1 – регулярного орошения сточными водами,
- 2 – цикличного орошения сточными водами.

С 1997 по 2004 гг. удалось увеличить содержание воздуха на 1,1%, порозность - на 1,2%, а плотность почвы снизить на 0,07...0,10 г/см<sup>3</sup>. Одной из причин уменьшения плотности почвы можно считать большое количество растительных остатков, возвращаемых в почву, интенсивная минерализация их препятствует увеличению количества гумуса.

Снизилось содержание биогенных соединений вследствие выноса их урожаем выращиваемых сельскохозяйственных культур (табл. 1).

Как видно из табл. 1, на вар. 2 содержание азота общего снизилось на 0,2 мг, азота нитратного - на 1,3 мг, подвижного фосфора - на 1,05 мг и обменного калия - на 0,6 мг вследствие перерыва в подаче сточных вод на поля и поглощения биогенных соединений растениями из почвы. Также наблюдается тенденция к снижению валовых форм тяжелых металлов в почве за счет трансформации их в усвояемые формы и последующим выносом урожаем сельскохозяйственных культур.

В 2002...2003 гг. проведены лабораторный и полевой опыты с внесением в почву смеси эффективных микроорганизмов "Байкал-ЭМ" при разведении природной водой 1:50 из расчета 1 л/м<sup>3</sup>. ЭМ представляют собой смесь анаэробных и аэробных микроорганизмов. Технология внесения ЭМ-культуры является экологически чистой. Смесь ЭМ вносилась 3 раза за вегетацию сразу после полива сточными водами на участках регулярного и цикличного орошения на

площади 1 га, следовательно, было внесено 10 м<sup>3</sup> разведенной смеси ЭМ. В результате наблюдалось улучшение агрохимических свойств почвы за счет снижения содержания нитратов в ней, эпидемиологической обстановки и интенсификация микробиологической активности на полях орошения.

Результаты полевых исследований (2003 г.) подтвердили данные лабораторного опыта (2002 г.). После трехкратного внесения ЭМ-смеси сразу после полива сточными водами (август 2003 г.) в почве значительно уменьшилось количество биогенных элементов.

Как показывают результаты агрохимического исследования, после внесения ЭМ-смеси наблюдается резкое уменьшение содержания биогенных соединений в почве на обоих вариантах (табл. 2). Так, концентрация нитратного азота, основного загрязняющего соединения, аккумулирующегося в почве при циклическом орошении сточными водами, снизилась почти на 50%, при регулярном – 37%. Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> уменьшилось на 26 и 40%, а K<sub>2</sub>O – на 32 и 21% соответственно вариантам. рН несколько возросла, следовательно, обменная кислотность снизилась, а гидролитическая кислотность (Нг), соответственно, тоже снизилась. После снижения кислотности, улучшаются свойства почвы, в частности ее агрохимические показатели. Снижение кислотности ведет к увеличению количества обменно-поглощенных катионов Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, а количество подкисляющих катионов (H<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>3+</sup>) снижается. Так, сумма обменных оснований (S) выросла на 54 и 49 мгэкв/100 г, степень насыщенности почвы основаниями (V) – 38 и 41%, емкость поглощения (Т) – 30 и 28 мгэкв/100 г соответственно.

Как показала статистическая обработка результатов опыта по влиянию ЭМ-смеси на содержание нитратов в исследуемых почвах (рис. 1), хорошо прослеживается снижение концентрации N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> после внесения препарата «Байкал ЭМ-1» с высокой степенью достоверности.

Исходя из выше изложенного, можно сделать вывод об эффективности внесения ЭМ-смеси с целью восстановления деградированных орошаемой сточными водами почвы. Так, наблюдается снижение биогенного загрязнения орошаемой сточными водами почвы, ускорение трансформации биогенных соединений, в первую очередь азотных, перевода их в доступные для растений формы и выноса их с урожаем трав, активизация процесса самоочищения почвы.

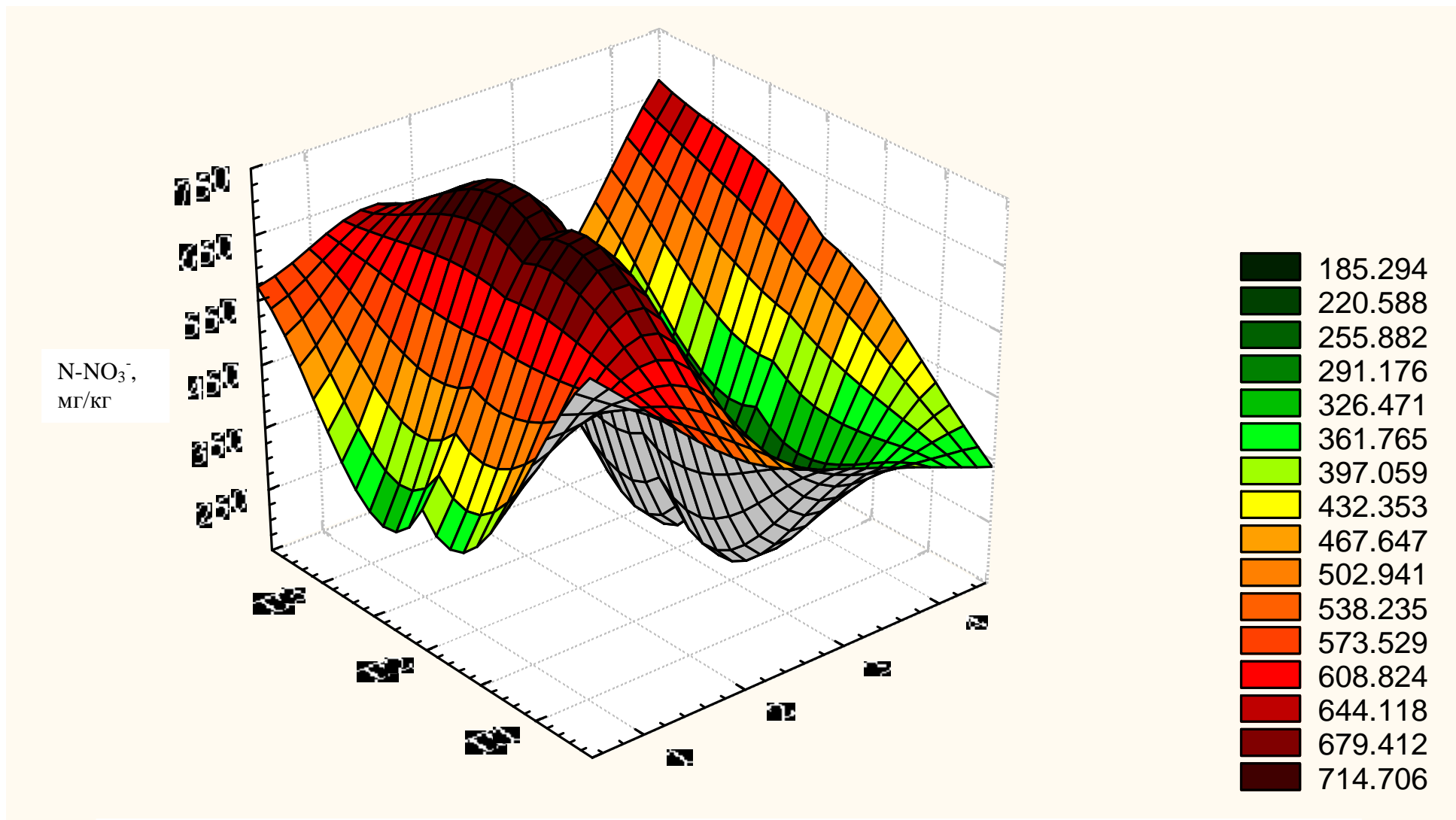


Рис. 1. Содержание  $N-NO_3^-$  в почве по повторностям опыта до и после внесения ЭМ-смеси на участки регулярного и цикличного орошения сточными овдами.

Примечание: п1, п2, п3 – повторности опыта, 1, 2 – варианты цикличного и регулярного орошения сточными водами опыта до и 3, 4 – после внесения ЭМ-смеси.

Таблица 2. Агрохимические показатели почвы до и после внесения ЭМ-смеси на участках циклического и регулярного орошения сточными водами свиного комплекса

Вариант	Повторность	Варианты опыта			
		До внесения смеси		После внесения смеси	
		1. Участки циклического орошения сточными водами	2. Участки регулярного орошения сточными водами	1. Участки циклического орошения сточными водами	2. Участки регулярного орошения сточными водами
1	2	3	4	5	6
рН	1	7,1	7,5	7,2	7,6
	2	7,5	7,6	7,6	7,5
	3	7,5	7,6	7,6	7,8
	Средн.	7,36	7,56	7,47	7,63
Нг, мгэкв/100 г почвы	1	7,68	7,95	7,40	7,79
	2	7,65	7,80	7,38	7,62
	3	7,66	7,90	7,33	7,80
	Средн.	7,66	7,87	7,39	7,74
N-NO <sub>3</sub> , мг/кг поч- вы	1	558	662	298	484
	2	532	688	216	389
	3	588	596	315	360
	Средн.	559,3	648,7	276,3	411,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг поч- вы	1	208	288	140	155
	2	168	285	132	180
	3	180	228	140	142
	Средн.	185,3	267,0	137,3	159,0
K <sub>2</sub> O, мг/кг поч- вы	1	266	300	180	210
	2	275	350	185	280
	3	280	315	196	270
	Средн.	273,7	321,7	187,0	253,3
V, %	1	68,2	75,4	90,8	98,8
	2	62,2	78,2	91,5	109,1
	3	66,1	71,8	88,8	108,9
	Средн.	65,5	75,1	90,4	105,6
S, мгэкв/100 г почвы	1	11,8	13,8	17,2	19,8
	2	10,1	13,2	16,3	19,6
	3	10,6	12,0	16,6	18,8
	Средн.	10,83	13,0	16,7	19,4
Т, мгэкв/100 г почвы	1	19,48	21,75	24,6	27,59
	2	17,75	21,15	23,98	27,25
	3	18,49	20,9	24,03	26,6
	Средн.	18,57	21,27	24,2	27,15

**РЕЖИМЫ РАБОТЫ СИСТЕМ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ**

В.И. Канардов, Н.Г. Колесова, О.И. Пивкина, М. В. Силков  
ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Внутрипочвенное орошение может найти применение при модернизации дождевальных систем на ровных полях со спокойным рельефом, с хорошо водопроницаемыми незаселенными почвами, на склонах с рыхлым почвенным покровом, подстилаемым водонепроницаемыми или слабопроницаемыми грунтами при понижении рабочего напора. Внутрипочвенное орошение по техническому уровню по ряду показателей превосходит капельное. Так, например, резко сокращается расход воды на испарение; с поверхности поля убирается водораспределительная сеть; подача воды производится непосредственно в корнеобитаемую зону почвы. По способу подачи воды системы внутрипочвенного орошения подразделяют на вакуумные (адсорбционные), напорные и безнапорные.

Основными параметрами и элементами техники внутрипочвенного орошения являются: глубина заложения увлажнителей, расстояние между увлажнителями, длина увлажнителей, диаметр увлажнителей, расход воды в головной части увлажнителя, напор в головной части увлажнителей.

Системы внутрипочвенного орошения с перфорированными увлажнителями применяют с соблюдением следующих требований:

- уклон местности по длине увлажнителей должен быть не более 0,01;
- почвы незасоленные, легкого, среднего и тяжелого гранулометрического состава со скоростью капиллярного поднятия не менее 0,5 мм/мин.

- расстояние между увлажнителями для культур сплошного сева принимают 1 м - на легких, 1,5 - на средних и 2 м - на тяжелых по гранулометрическому составу почвах. На супесях и легких суглинках при высокой водопроницаемости нижнего подпахотного слоя увлажнители укладывают на экран из полиэтиленовой пленки, увеличивая расстояние между ними до 2 м. Расстояние между увлажнителями для садов и виноградников принимают равным расстоянию между рядами посадок. Перфорация увлажнителей должна обеспечивать требуемый расход воды на единицу длины увлажнителя при расчетном напоре. Диаметр отверстий принимают от 1 до 2 мм при шаге от 10 до 30 см, при щелевой продольной перфорации ширина щели -1-2 мм, длина - 35 - 40 мм, шаг 200 -400 мм. Длина увлажнителей составляет 100 - 150 м., глубина заложения - 0,3 - 0,5 м.

Параметры системы внутрипочвенного орошения с интегральными линиями аналогичны параметрам системы капельного орошения с интегральными линиями.

К элементам режима орошения относятся единичная (удельная) поливная норма (объем воды в расчете на единицу увлажнителя, необходимый для образования в почве контура увлажнения с заданными параметрами), поливная норма, продолжительность полива.

Системы внутрпочвенного орошения следует создавать преимущественно в степных, полупустынных и пустынных зонах при остром дефиците воды для полива высокорентабельных сельскохозяйственных культур, а также вблизи населенных пунктов и животноводческих комплексов при использовании для орошения подготовленных городских сточных вод и животноводческих стоков. Вода для полива, сточные воды, животноводческие стоки должны удовлетворять следующим требованиям: размеры твердых частиц не должны превышать 1 мм; мутность-0,04 г/л, минерализация - 1 г/л. При необходимости предусматривают отстойники или очистные сооружения. Для оптимального увлажнения почвы в вегетационный период, т.е. в период развития растений после зимней спячки, назначается специальный режим орошения или режим проведения поливов. Режим орошения должен обеспечивать в почве нужный для данной культуры водный режим для конкретных климатических условий и хозяйственных целей. При этом необходимо строгое соблюдение агротехнических мероприятий. Режим поливов каждой культуры орошаемого массива при данных агроклиматических условиях должен отвечать следующим требованиям:

- соответствовать потребностям растений в воде в каждую фазу их развития, обеспечивая нормальное развитие данной культуры, а для плодовых культур и получение высоких урожаев при определенной агротехнике с внесением удобрений в необходимые сроки;

- осуществлять наиболее точное требуемое регулирование водного режима и связанных с ним питательного, солевого и теплового режимов почвы;

- повышать плодородие орошаемых земель, не допуская эрозии, заболачивания и засоления грунтов;

- отвечать правильной организации труда, повышая его производительность за счет применения автоматизации при совершенствовании технологии поливов и при использовании наиболее прогрессивных технических средств.

В соответствии с изменениями климатических, хозяйственных и агротехнических условий поливной режим каждой культуры подвержен значительным колебаниям по годам и отдельным периодам года. При проектировании технологии орошения необходимо устанавливать возможные размеры этих колебаний. Поэтому до установления поливного режима каждой культуры нужно знать то общее количество поливной воды, которое потребно данной культуре за весь вегетационный период при определенной агротехнике и данных природных условий для создания нормального развития растений. Это количество воды может быть установлено на основании анализа совокупности данных климатических, почвенных и некоторых других условий.

Общее количество потребляемой растением воды (транспирации культуры) - это может быть определено по следующему выражению:

$$E=10jb \text{ d, мм} \quad (1)$$



где:  $j$  - коэффициент влагообмена,  $b$  - микроклиматический коэффициент,  $d$  - сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, мб.

Поэтому определенное количество воды  $M$ , которое должно быть подано на полив определенной культуры за весь вегетационный период, или иными словами величина ее оросительной нормы, определяется следующим уравнением:

$$M = E - P_0 - W + E_0, \text{ м}^3/\text{га} \quad (2)$$

где  $E$  - общее водопотребление культуры (транспирация);  $P_0$  - количество осадков, поступающее в активный слой почвы в течение вегетационного периода;  $E_0$  - испарение с поверхности почвы за тот же период;  $W$  - используемые внутренние запасы влаги в почве за вегетационный период

$$W = W_0 - W_1 + K, \text{ м}^3/\text{га} \quad (3)$$

где:  $W_0$  - запасы влаги в активном слое почвы в начале вегетационного периода;  $W_1$  - запасы влаги в этом слое в конце периода (эта величина на должна быть меньше минимально доступного растениям запаса влаги в данной почве, принимаемого не менее 0,7...0,8 НВ в зависимости от вида культуры и типа почв);  $K$  - количество капиллярной влаги, могущей поступать в активный слой почвы снизу от грунтовых вод при близком их залегании.

Величина  $K$  при глубине грунтовых вод менее 2,5 м может составлять от 5 до 50 % от суммы общего водопотребления культуры (транспирации) и испарения с поверхности почвы (в зависимости от глубины их залегания), а при глубине более 2,5 м - меньше 5%. Как правило, поливной режим рассчитывается на год 95 % обеспеченности, т.е. среднестатистический год за многолетний ряд наблюдений (15...20 лет). В случае отхода от этой величины происходит корректировка в ту или иную сторону.

Таким образом, учитывая климатические условия, при падении влажности до 0,7...0,8 НВ назначаются поливы нормой, обеспечивающей увлажнение почвы на величину распространения корневой системы растений. В таблице 1 показаны поливной режим для трав, из которого видно, что поливы нормой 0,35...0,4 л/с га должны проводиться для средней полосы страны примерно с конца мая-середины июня до середины сентября, учитывая и перерывы на укос. Перерыв на укос должен составлять не менее 5...6 суток. Всего за вегетацию проводится 7...8 поливов.

В таблицах 2, 3, 4, даны режимы орошения овощных культур, различных кустарников и плодовых культур. Представленные данные показывают, что наиболее жесткий режим поливов приходится на июль месяц. Гидромодуль составляет 0,2...0,3 л/с га для овощных культур и 0,35 л/ га для кустарниковых культур и деревьев. Перед началом вегетационного периода в середине апреля, а также в конце вегетации (сентябрь-октябрь) дают по одному влагозарядочному поливу с увлажнением почвы до 1,5...2,0 м при уровне грунтовых вод более 2,5 м от поверхности земли, при уровне грунтовых вод менее 2,5 м влагозарядка не дается. В засушливые годы в наиболее жаркие летние месяцы поливы могут проводиться для овощных культур иной раз через 2...3 дня.

Таблица 1. Режим орошения трав

Месяц	Декада	Число	Гидромодуль л/с га	Фаза развития	Название полива
Апрель	II	10.12	0,35	-	Влагозарядковый
Май	III	23...25	0,35	колошение	Вегетационный
Июнь	I	9...23	0,35	-	Вегетационный
Июль	I	1...2	0,4	после укоса	Вегетационный
		17...20	0,4		
Август	II	17...20	0,4	после укоса	Вегетационный
Сентябрь	I	5...8	0,4	после укоса	Вегетационный
		15...18	0,4		

Таблица 2. Режим орошения овощных культур – картофеля

Месяц	Декада	Дата полива	Гидромодуль, л/с га	Фаза развития	Название полива
Апрель	III	18...21	0,3	посев	влагозарядковый
Май	II	15...18	0,2	всходы	вегетационный
	III	25...28	0,2	всходы	вегетационный
Июнь	I	5...8	0,2	смыкание ботвы	вегетационный
	II	11...12	0,2	смыкание ботвы	вегетационный
		15...18	0,2		вегетационный
	III	20...22	0,2	бутонизация	вегетационный
		26...27	0,2		вегетационный
Июль	I	1...2	0,2	цветение	вегетационный
		5...8	0,2		вегетационный
	II	11...13	0,2	клубнеобразование	вегетационный
		15...18	0,2		вегетационный
	III	21...23	0,2	клубнеобразование	вегетационный
		28...30	0,2		вегетационный
Август	I				
	II			отмирание ботвы	
	III				

Таблица 3. Режим орошения плодовых кустарников

Месяц	Декада	Числа	Гидромодуль, л/с га	Фаза развития	Название полива
Апрель	II	12...14	0,35	набухание почек, развитие побегов	влагозарядковый
Июнь	I	8...10	0,30	бутонизация, цветение	вегетационный
	III	20...23	0,30		
Июль	II	11...15	0,30	развитие побегов	вегетационный
	III	30...31	0,30		
Август	I	8...10	0,30 0,30	-	вегетационный
	III	25...28			
Сентябрь октябрь	III	-	0,35	-	влагозарядковый

Таблица 4. Режим орошения плодовых деревьев

Месяц	Декада	Дата полива	Гидромодуль, л/с га	Фаза развития	Название полива
Апрель	II	14...15	0,35	-	влагозарядковый
Май	III	20...22	0,3	окончание цветения	вегетационный
Июнь	I	8...10	0,3	завязывание плодов опадение завязей	вегетационный вегетационный
	II	15..18.	0,3		
Июль	I	8...10	0,3	налив плодов	вегетационный
	III	20...21	0,3		
Август	I	9...10	0,3	за 20...30 дней до сбора	вегетационный
Октябрь	I	6...8	0,35	массовое опадение листьев	влагозарядковый

УДК 626.87.577.4

## **СОЗДАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННЫХ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ**

Т.П. Кашарина, Д.В. Кашарин  
ФГОУ ВПО НГМА, Новочеркасск, Россия

Основной целью мелиоративных систем, включая и гидротехнические сооружения, является создание благоприятных условий для жизнедеятельности человека, а также соблюдения экологического равновесия данного агроланд-

шафта с наименьшими отрицательными последствиями для природной среды. Однако существующие мелиоративные системы оказывают значительное влияние на экологию агроландшафта, к которому можно отнести следующие последствия: развитие крупномасштабных негативных гидрологических и геологических процессов; физическое и бактериологическое загрязнение биосферы; количественное и качественное изменение флоры и фауны; снижение плодородия почв; почвенная эрозия; изменение уровней и химического состава грунтовых вод и др.

Для создания экологически ориентированных гидромелиоративных систем необходимо руководствоваться следующими принципами концепции экологической безопасности для окружающей среды: динамическое равновесие всех природных процессов при использовании различных технических решений; сохранение экологического равновесия при решении любых технических задач [1].

Предлагаемая нами мелиоративная система (патент № 2245616) относится к экологически ориентированной гидромелиоративной системе и оказывает наименьшее воздействие на агроландшафт при её строительстве и эксплуатации. Мелиоративная система включает оросительные, водопроводящие и сбросные системы, водоприёмник и водоподпорные регулирующие сооружения. Водоподпорные регулирующие сооружения выполняются съёмными с применением композитных материалов. Мелиоративная система также снабжена гибкими сборными резервуарами-оболочками, переходящими в дренажи-отстойники с мембранами-фильтрами и увлажнителями-фильтрами, по периметру орошаемого массива устроены фильтры-кассеты, обеспечивающие поступление очищенных вод в водоприёмник. Водопроводящие системы снабжены гибкой крышкой, препятствующей испарению воды. Для определения качества и количества поступающей и сбрасываемой воды устанавливаются подпорно - метрологические сооружения с датчиками – анализаторами.

Преимущество данной мелиоративной системы состоит в том, что предусматривается её непрерывная модернизация с учетом последних научно-технических достижений, а также экологических и социально – экономических факторов. Это обеспечивается применением облегченных гидротехнических сооружений, которые можно с минимальными трудозатратами и потерей времени заменять на более совершенные технические решения [2-5].

Например, в качестве водоподпорного сооружения можно применять подпорное сооружение (патент № 2245960), которое может обеспечивать одновременно регулирование уровня воды и её очистку за счет специальных фильтрующих полотнищ-сборщиков, прикрепленных к сборной ёмкости.

Оценку состояния экологически ориентированной гидромелиоративной системы можно вести с учётом следующих факторов [6]:

$$S_{эчмс} = f(t; \mathcal{E}_{пл.}; P; TC; УП; ГХ; W_{ор.}; W_{сбр.}; K_{в.}; K_{п.}; Y_{г.в.}; \mathcal{E}_k),$$

где:  $S_{эчмс}$  - состояние экологически ориентированной гидромелиоративной системы на данный промежуток времени;  $t$  - время существования данной

системы;  $\mathcal{E}_{пл.}$  - экология природного ландшафта до проявления антропогенных нагрузок;  $П$  - исходное состояние природных почв;  $ТС$  - технические системы повышения плодородия данного (участка) региона;  $УП$  - улучшение почв (улучшение почвообразовательных процессов за счет специального комплекса химических компонентов;  $ГХ$  - формирование гидрохимических потоков;  $W_{ср.}$  - оросительная вода, поступающая в данную оросительную систему;  $W_{сбр.}$  - сбрасываемая вода из данной оросительной системы;  $K_е.$  - качество поступающей и сбрасываемой воды;  $K_п.$  - качественно-структурный состав почвы;  $У_{г.в.}$  - уровень грунтовых вод;  $\mathcal{E}_к$  - энергия космического пространства.

В настоящее время разработаны технические решения по усовершенствованию существующих и новые типы гидротехнических конструкций, позволяющих формировать экологические процессы агроландшафта. Для постоянной оценки состояния данной мелиоративной системы разрабатывается структура экологического мониторинга, затем полученные данные используются для создания информационной модели.

Информационная модель должна включать в себя следующие способы сбора данных, основанные на теории независимого накопления и организации сбора данных; статистической теории.

Условно коэффициент воздействия на экосистему мелиоративных систем и гидротехнических сооружений можно представить по предложенным авторами зависимости:

$$K_{общ} = f(K_{м.}; K_{гтс}; K_{г.х.}; K_{г.б.}; K_{к.в.}; K_{э.р.}; K_{с.э.}; K_k),$$

где  $K_{общ.}$  - общий коэффициент воздействий системы;  $K_{м.}$  - коэффициент морфологических изменений;  $K_{гтс}$  - коэффициент гидротехнических изменений;  $K_{г.х.}$  - коэффициент гидрохимических изменений;  $K_{г.б.}$  - коэффициент гидробиологических изменений;  $K_{к.в.}$  - коэффициент качественного изменения воды;  $K_{э.р.}$  - коэффициент экотоксикологических и радиоэкологических изменений;  $K_{с.э.}$  - коэффициент социально – экономического эффекта;  $K_k$  - коэффициент космических воздействий.

Указанные выше вопросы требуют дальнейшего их исследования и проверки в натурных условиях, что согласуется с задачами развития современной мелиоративной науки.

#### Литература

1. Безднина С.Я. Экосистемное водопользование: Концепция, принципы, технологии. -М.: изд-во «РОМА», 1997.- 137 с.
2. Кашарина Т.П. Современное состояние мелиоративных систем Ростовской области // Мелиорация и водное хозяйство. М.: 1997, №1, С.25-26.
3. Кашарина Т.П., Кашарин Д.В. и др. Научно-обоснованные рекомендации по применению подпорно-аэрационных регулирующих сооружений (ПАРС). - Новочеркасск, 1999, 23 с.

4. Кашарина Т.П., Кашарин Д.В. Руководство по контролю за проектированием и эксплуатацией облегченных плотин с водовыпускными окнами для малых и средних рек.- Новочеркасск, 1999.- 16 с.
5. Патент №2141552. Подпорно-аэрационное сооружение и способ его возведения.
6. Кашарина Т.П., Кашарин Д.В. и др. Рекомендации по оценке эксплуатационной надежности безопасного состояния отдельно расположенных и мелиоративных гидротехнических сооружений. – Ростов - на – Дону, 2002 г. – 69 с.

УДК 631.347

## **СОЗДАНИЕ МАЛОЭНЕРГОЁМКИХ, ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ШЛАНГОВЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПОЗИЦИОННОГО ДЕЙСТВИЯ**

В.В.Каштанов

ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна, Россия

В секторе малых форм хозяйствования России на сегодня насчитывается более 40 миллионов владельцев индивидуальных земельных участков. По данным статистики Российской Академии Сельскохозяйственных Наук за 2003 год земли хозяйств населения, включая коллективные сады и огороды, земли крестьянских (фермерских) хозяйств составляют 27,82 миллионов гектаров, что составляет 14,2% общей площади угодий, используемых для сельскохозяйственного производства [1].

Практика показывает, что средние размеры малых хозяйств находятся в пределах от 0,04 до 40,0 гектар [2,3]. Эти земельные участки отличаются мелкоконтурностью, неправильной конфигурацией, сложностью рельефа, наличием различных препятствий (мелколесье, дороги, линии электропередач и прочее).

В зависимости от увлажненности территории, от 10% до 50% площадей малых хозяйств требуют различных методов орошения, в основном реализуемых с помощью дождевальной техники.

Однако, на сегодня в России отсутствует дождевальная техника и специальное оборудование для орошения малых площадей и, независимо от природно-климатических условий того или иного региона России, продолжается использование ручного труда и нерациональное использование техники традиционного орошения, не приспособленной для использования в малых хозяйствах.

Поэтому, при сложившейся в России структуре сельскохозяйственных площадей, задача создания современной дождевальной техники малых форм орошения является весьма актуальной.

Анализ показателей существующих видов ирригационного оборудования, предназначенного для орошения малых площадей, показывает, что наиболее перспективными для использования в крестьянских (фермерских), приусадебных и садово-огородных хозяйствах являются шланговые дождевальные установки позиционного действия с сезонной нагрузкой до 1,0 га. Целесообразность их применения для орошения малых площадей объясняется рядом причин:

1. Наличие гибкого шланга даёт возможность применения разреженной оросительной сети и позволяет снизить затраты на оросительную систему.

2. Использование установок для орошения участков неправильной конфигурации позволяет организовать одиночную и групповую работу установок, когда эксплуатация другой поливной техники не допустима.

3. Установки можно перемещать вручную, без привлечения дополнительной техники, так как они обладают небольшой массой.

4. Для обеспечения рабочих параметров установок достаточно использовать бытовые насосы, работающих от однофазной электрической сети или бытовую водопроводную сеть, а также накопительные ёмкости.

Принципы создания шланговых установок для орошения малых земельных участков базируются на учёте основных эргономических, агробиологических, экологических и технико-экономических требований, предъявляемых к современным дождевальным машинам и установкам со стороны потенциальных заказчиков (сельхозпроизводителей) и прежде всего требований к качеству полива.

К ним относятся:

1. Сохранение комковатости структуры почвы в поверхностном слое и отсутствие стока воды.

2. Возможность промачивания почвы на требуемую глубину.

3. Обеспечение как можно более высокой равномерности увлажнения почвы под культурой.

4. Недопустимость механических повреждений культур дождевальной техникой и создаваемым ей дождём.

Поэтому при разработке установок их создатели должны решить следующие основные задачи:

- подобрать дождеобразующие устройства (ДУ) с необходимыми параметрами работы;

- обеспечить создание установками искусственного дождя низкой интенсивности с каплями, обладающими минимальным ударным воздействием на почву и растения;

- разработать оптимальные схемы размещения на установке дождеобразующих устройств с целью получения наиболее равномерного распределения дождя по орошаемой площади;

- создать конструкцию установки, максимально учитывающую технологию и особенности возделывания культур.

Пути решения указанных проблем можно проследить на примере обобщения опыта работы ФГНУ ВНИИ «Радуга» по разработке и созданию шланговых дождевальных установок позиционного действия, таких как: ПДУ-1, ДШ-0,6, ДШ – 0,6П, ДШ-1.

В ряду общих принципов создания этих технических средств орошения дождеванием лежат идеи использования низких напоров воды, т.е. использования минимальных энергетических затрат на полив и обеспечение экологической безопасности. Такой подход является наиболее приемлемым и экономически оправданным. Для обеспечения работоспособности установок выбран вари-

ант двойного использования энергии подводимого потока воды, с одной стороны, для механического перемещения установки и её конструктивных элементов, а с другой - для образования искусственного дождя гидравлическим способом. Напомним, что затраты энергии на образование искусственного дождя при гидравлическом способе минимальны и составляют 2-4 кВт на 1000 кг распределенной жидкости [4]. В современных условиях возрастания стоимости энергии большое значение имеет то, что шланговые установки используют низкие напоры воды 0,1 – 0,15 МПа (ДШ-0,6 и ДШ-0,6П), что позволяет почти в 5 раз снизить энергозатраты на орошение. Например, в расчете на 1000 м<sup>3</sup> распределенной оросительной воды переставная дождевальная установка ДШ-0,6П затрачивает энергию лишь в 43 кВт · ч. В таком варианте представляется весьма рациональным использование в качестве источника энергии городских и поселковых низконапорных водопроводов, бытовых электронасосов с питанием от однофазной электрической сети, накопительных ёмкостей, расположенных на определенной высоте над землёй.

Следующая задача заключается в подборе дождеобразующих низконапорных устройств, способных создавать искусственный дождь высокого качества при низком давлении воды порядка 0,1...0,3 МПа. Работы в этом направлении подвинули создателей дождевальных установок для орошения малых площадей на использование и усовершенствование короткоструйных дождевальных насадок и аппаратов.

Известно, что водопроницаемость почвы значительно повышается при поливе дождём с диаметром капель менее 1,0 мм. Это реализуется работой насадок с диаметром сопла 3...5 мм при напоре воды около 0,2 МПа [5]. Такой дождь позволяет осуществлять орошение при значительно большей интенсивности искусственного дождя и большими поливными нормами.

Эффективность и экономическая целесообразность любого полива должна быть связана прежде всего с учетом возможности данного типа почвы впитывать с определённой скоростью подаваемую установкой дождевую воду без образования стока, т.е. с созданием условий экологически безопасного полива. Поэтому искусственный дождь установки должен иметь невысокую интенсивность, близкую по значению к скорости впитывания воды почвой.

Для регулирования интенсивности дождя и крупности капель, с целью осуществления различных видов полива, дождевальные установки позиционного действия комплектуются сменными насадками и аппаратами. Такой подход даёт возможность существенно расширить диапазон применимости установок, проводить экологически безопасные поливы в течение всего поливного сезона с учетом фаз развития культур.

Равномерность распределения искусственного дождя установки и его структура регулируется подбором дождеобразующих устройств и диаметров их выходных отверстий. При соотношении рабочего напора к диаметру выходного отверстия большего 2000, создаваемый дождь пригоден для орошения всех сельскохозяйственных культур, в том числе самых нежных растений и цветов [6].



Вместе с тем высокая надежность и качество работы дождеобразующих устройств (ДУ) и самих установок обеспечивается за счет оптимизации схем расстановки ДУ на водопроводящем поясе, обеспечением возможности регулирования интенсивности дождя в пределах одновременно орошаемой площади в каждом конкретном случае [7], применением различных материалов для изготовления (металл, пластмасса, металлокерамика и др.) и использованием в конструкции минимального количества трущихся элементов.

Проблема уменьшения интенсивности дождя конструктивно решается при использовании дождевальных крыльев установок. Для организации дискретного и равномерного полива целесообразно организовать вращение крыльев установок, например, по принципу «сегнерова колеса», где роль реактивного двигателя и оросителя внутренней части круга могут выполнять малоэнергоёмкие, короткоструйные насадки секторного действия, а периферийной – концевые того же типа (ДШ-0,6П) или комбинации дождевальных аппаратов и насадок (ПДУ-1, ДШ-1). Взаимное расположение этих ДУ может предусматривать объединение их в пакет, что позволяет ограничить конструктивную длину установки (рис. 1).

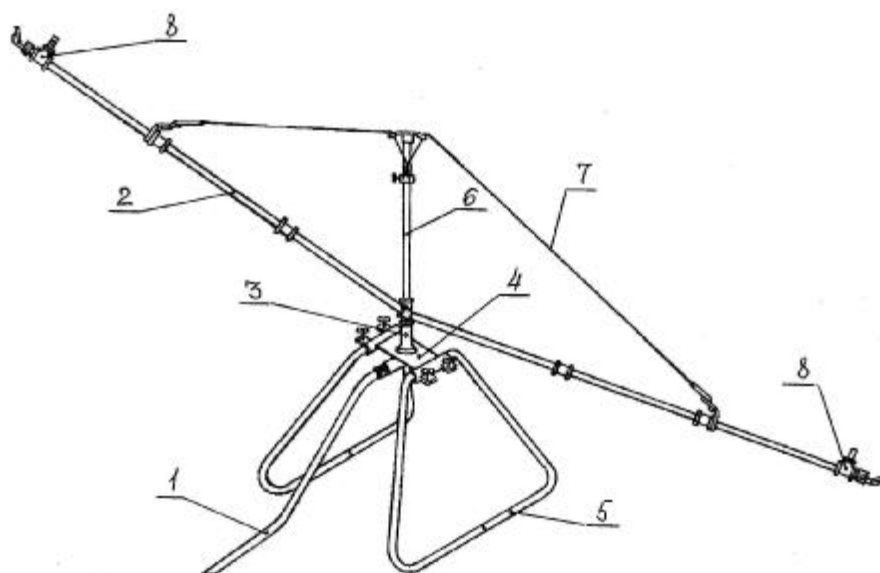


Рис. 1. Общий вид усовершенствованной дождевальной установки позиционного действия с расходом до 1,0 л/с «Водолей» с вращающимися крыльями: 1 – питающий шланг; 2 – водопроводящее звено; 3 – узел вращения; 4 – платформа; 5 – лыжная опора; 6 – стояк; 7 – регулируемые растяжки; 8 – пакет дождевальных насадок секторного действия

Для равномерного распределения силовых нагрузок на узлы вращения установок и изменения положения дождевальных крыльев на поливе кустарников могут быть использованы тросовые растяжки с регулируемой длиной.

Перемещение дождевателя с позиции на позицию без привлечения дополнительной техники (вручную) вызывает необходимость уменьшения его массы

до минимума. Это достигается за счет использования для водопроводящих конструкций тонкостенных труб и пластмассовых деталей.

Высокая степень унификации конструктивных элементов установок достигается путем модульной компоновки водопроводящего пояса из одинаковых звеньев и использования стандартных деталей.

Расположение установок на рабочих позициях орошаемого земельного участка может осуществляться с помощью регулируемых по высоте стоек с упорами в виде шайб или на лыжной основе [8]. Это позволяет повысить устойчивость установки и за всё время полива на позиции, удерживать её в строго вертикальном положении.

Работа установок в условиях повышенной влажности и дождя требует обязательного применения антикоррозийного покрытия всех внешних поверхностей и использования нержавеющей, полимерных материалов.

Если диаметр питающего шланга установок выбирается из условия обеспечения необходимого расхода, то длина его определяется технологической схемой полива (порядком расположения позиций) и может быть различной в зависимости от условий эксплуатации.

Все перечисленные разработки ФГНУ ВНИИ «Радуга имеют правовую защиту свидетельствами на изобретение и патентами.

Рассмотренные нами основные проблемы создания шланговых установок для орошения малых площадей, а равно как и варианты их конструктивного исполнения, имеют конкретные решения с учётом назначения, а в случае непреодолимых противоречий решаются путем компромисса между конструктивными и агроэкологическими требованиями к создаваемой технике.

Отметим, что разработанные дождевальные установки позиционного действия ПДУ-1, ДШ-0,6, ДШ-0,6П. ДШ-1 для орошения площадей до 1 га, являются составной частью технологического модуля орошения, а сам модуль представляет собой многофункциональный оросительный комплекс включающий: насос; подсоединительную арматуру; установку; питающий шланг; дополнительные приспособления для изменения площади захвата дождём; набор сменных дождеобразующих устройств; запасные изделия; гидроподкормщик для дозированного внесения растворимых минеральных удобрений.

#### Литература

1. Статистические материалы и результаты исследований развития агропромышленного производства России /В.А. Ключац, П.П. Голуб // Сб. научн. трудов / Российская академия сельскохозяйственных наук (Отделение экономики и земельных отношений). – Москва, 2003. – 28 с.
2. Земельный Кодекс Российской Федерации / Санкт-Петербург; Изд. Виктория плюс, 2001.- 96 с. (30 С)
3. Закон Московской области «О предельных размерах земельных участков, предоставляемых гражданам в собственность на территории Московской области» / Москва, Информационный вестник Правительства Московской области №8, 2003
4. Д.Г. Пажи, В.С. Галустов Основы техники распыливания жидкостей.
5. М.: Химия, 1984. – С. 16 – 17.
6. Н.С. Ерхов О допустимой интенсивности искусственного дождя в различных почвенных

условиях / Гидротехника и мелиорация, № 8, 1974. – С. 45 – 51.

7. Б.М. Лебедев Дождевальные машины / М., «Машиностроение», 1977. – С. 65.

8. Патент на полезную модель № 40838 / Дождевальная установка / Заявка № 2004111401 / Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 10 октября 2004 г.

9. Патент на полезную модель № 40839 / Дождевальная установка / Заявка № 2004111402 / Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 10 октября 2004 г.

УДК 631.613.3:633.324.34 (571.63)

## **ПРИЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГРЕБНЕВОЙ МЕЛИОРАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОИ НА РИСОВЫХ СИСТЕМАХ ПРИМОРЬЯ**

А.С. Корляков, В.Л. Головин, В.П. Абраменко  
ДальНИИГиМ, Владивосток, Россия

Важной сельскохозяйственной культурой на юге Дальнего Востока, и в частности, Приморья является соя. Посевные площади под этой культурой в 1990 г. составили 590 тыс. га, валовой сбор соевого зерна превышал 500 тыс. т. С 1990 г. производство сои в регионе стало резко сокращаться, уменьшились посевные площади и урожайность сои.

В настоящее время в крае посевная площадь под соей превышает 100 тыс. га. Важным условием для восстановления и дальнейшего развития соевосевия является двустороннее регулирование режима влажности почв. Этот мелиоративный прием с успехом решается на рисовых оросительных системах (РОС) с применением гребневой технологии возделывания сои.

В ДальНИИГиМ за последние 10 лет ведется работа по совершенствованию комплекса технических и агротехнических элементов, адаптации и внедрению гребневой мелиорации при возделывании сои на РОС Приморского края. В крае построено 65,0 тыс. га инженерных рисовых оросительных систем, которые в настоящее время используются менее чем на 10% и деградируют. Они могут стать основой устойчивого мелиоративного земледелия края, производя не только малозависящий от погодных изменений рис, но и сопутствующую ему в севообороте сою. Существующая оросительно-сбросная сеть может быть использована без изменения для этой культуры напуском.

Водный режим почв является важнейшим лимитирующим фактором, подлежащим регулированию для успешного возделывания сои. Конструкция поливной карты рисовой оросительной системы, применяемой в Приморском крае, позволяет без дополнительных капитальных затрат, только путем создания гребневой поверхности, проводить оперативное регулирование водного режима почв.

Работы проводились на опытном участке, расположенном на южном побережье оз. Ханка в центре крупнейшей Сиваковской рисовой системы. Экспериментальный участок представлял собой новую конструкцию рисовой оросительной системы “модульная карта дальневосточного типа”. Первичным элементом этой карты является чек с длиной сторон в пределах 300-400 м. Он ог-

раничен с двух сторон дамбами картового распределителя и коллектора, а с двух других сторон – валиками двух оросителей-сбросов. Модульный чек имеет два водовыпуска из картового распределителя и два водовыпуска из оросителей сбросов в картовый коллектор. Четыре модульных чека объединяются в модульную карту.

На рисовом чеке проведены эксперименты по определению эффективности орошения сои по бороздам и в сравнении с выращиванием неорошаемой сои на ровной поверхности, а также изучению элементов технологии и показателей для расчета поливных норм и техники полива. Опыт закладывался в 5-кратной повторности на делянках площадью 150 м<sup>2</sup>. Нарезка гребней проводилась после вспашки, разделки пахотного горизонта тяжелыми дисковыми боронами специальной сеялкой навесной гребневой с захватом 3,6 м и расстоянием между гребнями 0,9 м. Гребни нарезались вдоль оросителя-сброса. Перпендикулярно к гребням для подвода воды из оросителя нарезались поперечные борозды-щели на глубину 0,40 м. В таблице 1 приведена урожайность сои при различных условиях возделывания.

Таблица 1. Урожайность сои в различных условиях возделывания

Варианты	Урожайность		Масса 1000 зерен, г
	т/га	%	
Соя на ровной поверхности – традиционная технология (без орошения)	1,16	100	126
Соя с применением гребневой мелиорации (без орошения)	1,27	110	159
Соя с применением гребневой мелиорации (при орошении)	2,72	234	190

При возделывании сои на ровной поверхности без орошения в условиях 2000 г. урожайность составляла 1,16 т/га. На гребнях без орошения урожайность не превышала 1,3 т/га, именно орошение в послепосевной период позволило повысить урожайность до 2,7 т/га. Снижение урожайности на ровной поверхности обусловлено как выпадом растений за счет переувлажнения, так и за счет снижения массы 1000 зерен. Наполненность семян при использовании гребневой мелиорации сои без орошения повышается до 160 г/1000 зерен. Однако количество стеблей здесь было на 12 % ниже, чем на ровной поверхности за счет снижения всхожести из-за пересыхания поверхности гребня. Урожай на гребнях формируется как за счет большей густоты стояния (на 24 %) и большей (в полтора раза) массы зерна (190 г/1000 зерен). При этом гребневая мелиорация обеспечивает повышенную аэрацию почвы, увеличивает мощность плодородного слоя, повышает вентилируемость посевов за счет наличия промежутков между гребнями.

Разработанная технология орошения гребневых посевов суходольных культур по бороздам включает следующую совокупность операций: 1) подачу воды в групповой ороситель; 2) отбор воды из группового оросителя и затопле-

ние чека; 3) поддержание уровня воды на чеке; 4) сброс воды с чека. Необходимо выполнить нарезку систематической сети борозд, в процессе формирования гребней при посеве гребневой сеялкой. После этого нарезаются щелерезом поперек борозд и перпендикулярно оросителям-сбросам оросительные канавки. Полив чаще всего проводится в сухую почву, не гарантирующую появление нормальных всходов. Острый дефицит влаги возникает в период максимального водопотребления сои в фазу бутонизации-бобообразования.

Полив по бороздам для получения дружных всходов проводится не позже 3-5 дней после посева. Более поздний полив через полторы-две недели приводит к резкому снижению полевой всхожести, сильной изреженности посевов. Для сохранения гребней от размокания ограничивается продолжительность затопления гребней не более 2-4 часов. Глубина затопления не должна превышать 10 см от поверхности гребней, т.е. не более 1/3 гребня от дна борозды. Напуск воды в борозды производится при полном открытии водовыпуска, сброс же – вначале при полном открытии водовыпуска, затем – перед обнажением дна борозды на основной площади чека – при частичном, с тем, чтобы не допустить размыва устьев межгребневых борозд и поперечных щелей.

Эффективное осушение рисовых полей для возделывания на них сои является одной из сложных проблем. Достигнуть требуемой степени осушения можно только за счет создания оптимальных условий для внутрипочвенного и поверхностного стока дренированием рисовых почв. Наличие на рисовых почвах уплотненного подплужного и оглеенного горизонтов, вызывает необходимость устройства кротовых дрен, которые закладываются на глубину 0,4 м с междренним расстоянием 2 м, а срок службы дрен определяется кротоустойчивостью почв. Этот прием мелиорации рисовых земель не нашел широкого применения.

С целью улучшения условий проветривания и просушивания почв был использован на опытно-производственных картах Сиваковской рисовой системы наиболее эффективный инженерный прием осушения – устройство увлажнительно-осушительной системы для обеспечения двустороннего регулирования водного режима почв при возделывании на рисовом поле сои с применением внутрипочвенного орошения. Современная конструкция рисовой карты позволяет осуществлять этот мелиоративный прием. Прокладка полиэтиленовых труб производится с помощью дреноукладчика МД-12. Технологический процесс устройства сети дрен-увлажнителей заключается в следующем. Гусеничный трактор К-701 в агрегате с рабочим органом начинает движение от канала (оросителя – сброса). При этом рабочий орган опускается на дно канала. Дрены– увлажнители следует располагать под прямым углом к оросителям – сбросам. С целью исключения возникновения воздушных пробок при орошении истоки дрен - увлажнителей следует соединять воздухопроводом из пластмассовой гофрированной дренажной трубы. Закладка дрен может быть безуклонной. При такой конструкции системы оросительная вода поступает в почву через отверстия перфорации малого диаметра (2,0-2,5 мм) полиэтиленовой трубы диаметром 50 мм. Ороситель – сброс заполняется до отметки ниже 5-10 см средней плоскости чека. При этом оросительная вода не выходит на поверхность чека.

Рабочий орган бестраншейного дреноукладчика мало нарушает структуру почвы, а уменьшение плотности почвы после укладки дрен способствует продвижению воды в пахотный слой. Происходит это в результате создания рыхлого слоя почв по профилю траншеи. При подаче воды в каналы в увлажнителях создается давление, под действием которого влага поступает в почву через отверстия в дренах.

Конструкции карты широкого фронта залива чеков КШФЗ и Дальневосточной модульной карты позволяют осуществлять орошение сои путем устройства бестраншейных пластмассовых дрен-увлажнителей (рис.1, 2).

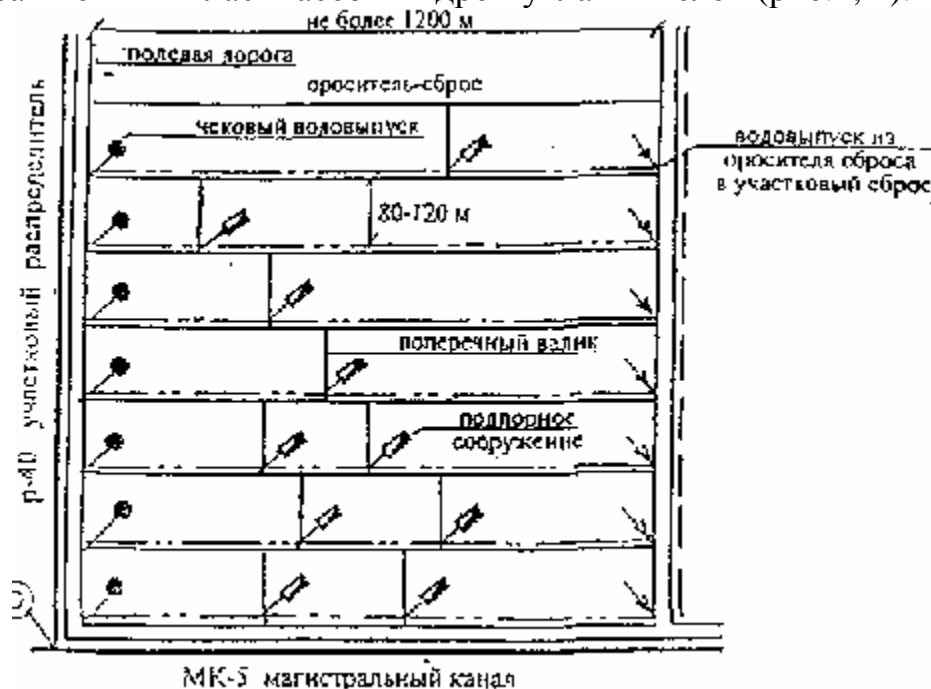


Рис. 1. Карты широкого фронта затопления и сброса (КШФ)

Для устройства дрен-увлажнителей использованы полиэтиленовые трубы диаметром 50 мм с точечной перфорацией малого диаметра (2,0-2,5 мм). С внедрением пластмассовых труб при сельскохозяйственной мелиорации земель появилась возможность расширить площади систем с внутрипочвенным орошением и повысить производительность труда при их строительстве. Прокладка полиэтиленовых труб проводилась посредством дреноукладчика МД-12. Рабочий орган бестраншейного дреноукладчика мало нарушает структуру почвы, а уменьшение плотности ее после укладки дрен способствует продвижению воды в пахотный слой. Происходит это в результате создания рыхлого слоя почвы по профилю траншеи, и при подаче воды в увлажнители создается давление, под действием которого влага поступает в почву через отверстия в увлажнителях. Полное насыщение влагой почвы происходит на расстоянии 2,0-3,0 м от дрен-увлажнителей, а от этой зоны влага перемещается, главным образом, за счет капиллярного движения. При этом гидростатический напор в увлажнителе создает более интенсивное капиллярное движение.

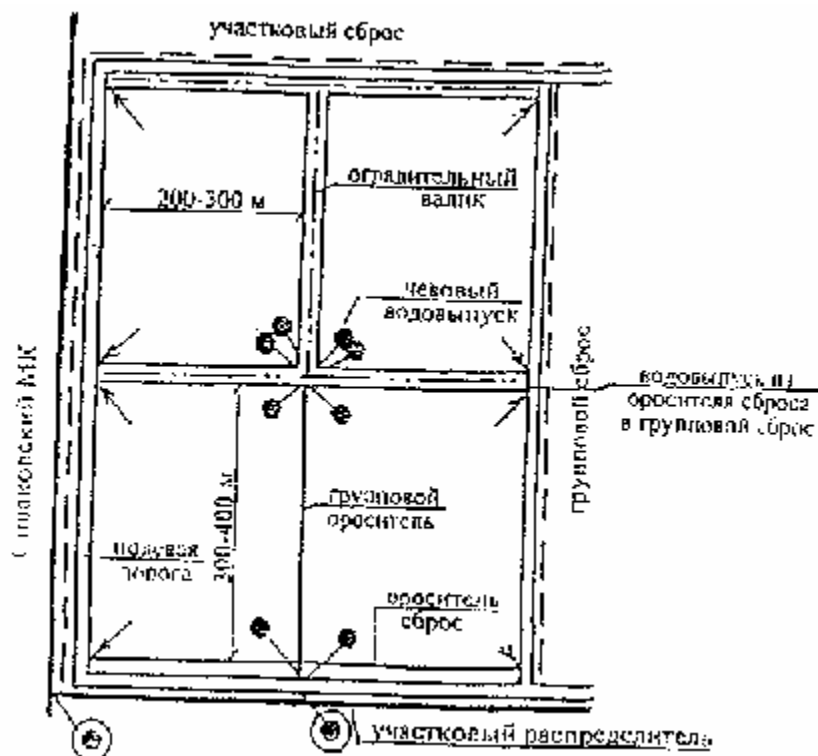


Рис. 2. Модульная карта Дальневосточного типа (МКДТ)

При заполнении оросителя – сброса до отметки ниже 5-10 см средней плоскости чека оросительная вода хорошо увлажняет корневую систему растений и не выходит на поверхность.

Материалы предварительных исследований внутрипочвенного орошения на РОС дали основание предположить, что эффект орошения достигается при расстоянии между дренами-увлажнителями в пределах 5-7 м.

В настоящее время отсутствуют в достаточном количестве производственные и экспериментальные данные по режиму орошения сои при внутрипочвенном поливе на рисовых оросительных системах.

Наиболее приемлемая технология проведения поливов при работе систем внутрипочвенного орошения – прерывистая периодическая подача воды. Чтобы приблизить кривую подачи воды на орошение к кривой оптимального потребления растениями на транспирацию и испарение.

Поливную норму при внутрипочвенном увлажнении определяют из условий создания в расчетном слое почвы запасов влаги, соответствующих наименьшей влагоемкости (НВ) почвы этого слоя. Для установления величины НВ необходимы исследования по определению водно-физических свойств наиболее распространенных почв систем внутрипочвенного увлажнения.

Таким образом, технология внутрипочвенного орошения применяется на рисовых оросительных системах с соблюдением следующих требований:

- дрены – увлажнители закладываются на рисовых чеках без уклона;
- напор воды во внутрипочвенных увлажнителях не должны превышать глубины их закладки на 5-10 см;
- расстояние между увлажнителями следует принимать не более 5 м, диаметр перфорированной трубки увлажнителя – 50 мм;

- глубина заложения дрен – увлажнителей 0,9-1,1 м;
- длина дрен определяется конструкцией РОС.

Длительные исследования в области применения гребневой мелиорации на тяжелых рисовых почвах подтвердили положительные результаты этого вида мелиорации. Улучшение водно-воздушного, температурного, пищевого режимов при гребневой технологии позволяет повысить урожайность риса до 3,0-3,5 т/га и сои – 1,5-2,0 т/га и обеспечивает снижение производственных затрат, уменьшение норм высева семян, доз минеральных удобрений и гербицидов. При этом снижается себестоимость продукции и повышается рентабельность рисосеяния и соесеяния.

Разработанная ДальНИИГиМ гребневая технология на РОС дает возможность:

- освоить специализированные рисовые севообороты с ежегодным чередованием посевов риса с гребневыми посевами сои, исключая монокультуру;
- гарантированно выращивать на рисовых оросительных системах чувствительные к переувлажнению сухолюбивые культуры;
- произвести увлажнение культур в засушливый период и сброс избыточной влаги из гребня в дождливый летне-осенний период по бороздам;
- увеличить корнеобитаемый слой и сохранить его в рыхлом состоянии после высыхания почвы, что особенно необходимо для сои;
- одним проходом гребневой сеялки формировать гребни, сеять и вносить удобрения, сократить количество почвообрабатывающих операций, а при развале прошлогодних гребней исключить вспашку;
- в сое-рисовом севообороте повысить накопление биологического азота и снизить расход азотных удобрений под рис;
- за счет применения междурядных обработок уменьшить дозы внесения гербицидов;
- при чередовании анаэробного режима, залитой водой почвы под рисом, и аэробного, в почве под соей, сдерживать распространение сорняков, болезней и вредителей и понизить пестицидную нагрузку;
- снизить экологическую нагрузку при уменьшении дозы минеральных удобрений и гербицидов на гребневых посевах в сравнении с посевами на ровной поверхности;
- приостановить деградацию и повторно задействовать 65,9 тыс. га РОС, используемых в настоящее время на 10 %;
- увеличить урожайность, расширить объемы производства ценнейших культур - риса, сои для обеспечения продовольственной безопасности населения России.

При этом гребневая мелиорация на РОС при возделывании сои имеет высокий потенциал развития. В настоящее время разработана и апробирована паровая мелиорация и рекультивация песчаных и деградированных земель для введения в оборот продолжительное время неиспользовавшихся земель. Проводятся опыты по совершенствованию гребневой мелиорации, в частности, по управлению процессами накопления питательных веществ и режимом питания возделываемых культур. На основе гребневой мелиорации обрабатываются но-



вые приемы регулирования теплового режима почв.

УДК 633.2/.3:631.52(73)

## **БИМЕЛИОРАЦИЯ ПРИРОДНЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ В США**

Н.П. Крылова

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Природные пастбища и сенокосы занимают 40% общей площади земель США и обеспечивают более половины производимого в стране мяса, одну треть молока и все производство шерсти. Они представлены различными растительными сообществами и оцениваются как динамичный агроландшафтный ресурс для людей, домашних и диких животных. Этот тип земельных угодий, в растительном покрове которого доминируют злаки и разнотравье, а в засушливых регионах полукустарники и кустарники, используется как природная экосистема.

Природные кормовые угодья в США охватывают сообщества из трав Великих Равнин, степи Техаса и Флориды, закустаренные земли Большого Бассейна, тундру Аляски, альпийские луга, пустыни. Они встречаются в каждом штате страны, но доминируют в засушливых регионах на западе США. Так, в штате Невада занято природными пастбищами 80% земель, а в штате Мэн лишь 7%.

Программа биологической мелиорации США предусматривает усиление природоохранной функции растительного покрова естественных сенокосов и пастбищ с целью предотвращения деградации почв сельхозугодий и возможных отрицательных последствий глобального потепления климата. Развитие агроландшафтного земледелия и фиторемедиации почв также невозможно без устойчивой продуктивности и обогащения ботанического состава пастбищных угодий.

Основными направлениями биомелиорации природных кормовых угодий в США в настоящее время признаны: организация на пастбищах строго контролируемого выпаса для предотвращения или ослабления эрозии почв; подбор, введение в культуру и интродукция растений – фитомелиорантов; широкое использование бобовых трав для улучшения сенокосно-пастбищного травостоя, агролесомелиорации, мобилизации азота биологической фиксации; оценка и прогноз природоохранной роли растительного покрова пастбищ в условиях глобального потепления климата.

### Оптимизация нагрузки и пастбищесемкости

Регулируемое использование пастбищного травостоя, оптимизация количества нестравленных остатков – факторы, определяющие устойчивую продуктивность и экономическую эффективность природных кормовых угодий, защиту почв от эрозии. В настоящее время в США считаются подверженными эрозии примерно 90% пахотных земель. Около 54% пастбищных угодий США (включая федеральные земли) признаны объектом, где темпы эрозии высокие вследствие чрезмерного стравливания и сбоя. За истекшие два столетия в США

площадь бросовых сельхозугодий, возникших под влиянием эрозии, засоления, заболачивания составила примерно 30% от исходной общей площади сельхозугодий. Ежегодно там от ветровой и водной эрозии пахотные угодья теряют в среднем 17т/га почвы, а пастбища соответственно -6т/га. Живая и отмершая биомасса растений, оставленная на поверхности почвы, ослабляет эрозию и рассеивает, уменьшает поверхностный сток воды. По данным производственных опытов в штате Миссури, обнаженный почвенный покров уносится со скоростью в 123 раза большей по сравнению с почвами, покрытыми дерниной. Потери последних составляют менее 0,1т/га в год.

В результате деградации почв в США за последние 50 лет средняя площадь ферм возросла более, чем вдвое. Это нередко сопровождалось уничтожением полезащитных полос из трав и древесных насаждений, что стимулировало эрозию.

Усиление природоохранной роли пастбищ в программе их обновления и использования предусматривает исследования и производственные технологические схемы по оптимизации нагрузки и пастбищесемкости. В соответствии с законом о регулируемом использовании пастбищ Служба по инвентаризации природных кормовых угодий США ежегодно контролирует их состояние. Разрешение на выпас сельскохозяйственных животных на государственных землях требуется обновлять каждые 10 лет. Кроме этого, такое разрешение оформляется при передаче пастбищных угодий другому владельцу. Пастбищесемкость и поголовье выпасаемых животных – базовые показатели при назначении налогов на владельцев ранчо.

Специалисты США подчеркивают, что контроль за нагрузкой и пастбищесемкостью – природоохранное мероприятие, которое помогает получить информацию по инфраструктуре территории (доступность воды, наличие загонов, состояние ограды, прогонов и т.д.). Сведения по пастбищесемкости позволяют оценить экологические условия различных типов улучшенных пастбищ и степень их засоренности вредными, ядовитыми растениями; выявить земли, непригодные для выпаса из-за рельефа местности, ее почвенного покрова, удаленности от водоисточников. При изучении емкости пастбищ рекомендуется пристально изучать состав растений, относящихся к категории доминантов и индикаторов.

Для разработки и внедрения оптимального режима пастбищного использования в США организованы специальные консультативные группы защиты окружающей среды. Совершенствование технологии выпаса в пределах каждого региона страны сочетается с поиском перспективных для биомелиорации видов и сортов пастбищных растений.

#### Перспективные фитомелиоранты

Интродукция и селекция кормовых растений, способных оптимально использовать экологические ресурсы природных пастбищ засушливой зоны, – отличительная черта современного ландшафтного земледелия США. За последние годы там заметно возросло внимание к периодическому обновлению этих угодий посевами кохии простертой (*Kohia prostrata*) не только с целью стабилизации их продуктивности, но и для борьбы с опустошительными пожарами.

В США кохия была интродуцирована из бывшего Советского Союза в 60-е годы прошлого столетия. За относительно короткий срок (около 20 лет) там были изучены ее биологические особенности и создан урожайный сорт этого растения «Иммигрант», который предназначен для улучшения деградированных кормовых угодий, освоения засоленных земель, борьбы со степными пожарами.

Создание пастбищезащитных полос с участием кохии в настоящее время рассматривается в США как обязательный элемент биомелиорации природных кормовых угодий в засушливых условиях. Для их создания, кроме кохии простертой, рекомендуются житняк гребенчатый, житняк пустынный, житняк сибирский, тысячелистник обыкновенный, черноголовник кровохлебковый, люцерна посевная, волоснец, псевдорегнерия. Основными признаками растений для защитных зеленых полос на пастбищах засушливой зоны признаны: высокая конкурентоспособность к сорным растениям; быстрое укоренение и формирование растительного покрова; слабая воспламеняемость; способность к интенсивному возобновлению и отавность; хорошая поедаемость домашними и дикими животными, препятствующая образованию подстилки и накоплению легко воспламеняющихся остатков. Исследования, проведенные в США, показали, что в то время как многие рекомендуемые виды обладают лишь некоторыми желательными признаками, кохия простертая обладает большинством их, если не всеми. Она способна не только уменьшать линию и интенсивность огня, но и ослаблять, останавливать пожары.

Производственные опыты показали, что полукустарник кохия превосходит по конкурентоспособности сорные травы и характеризуется высоким содержанием влаги в течение основного сезона пожаров. Так, в августе содержание влаги в кохии в 4 раза и в 10 раз больше, чем соответственно в житняке гребенчатом и костре кровельном. Сорт кохии «Иммигрант» способен активно распространяться на деградированных пастбищах, также как и на полностью оголенных территориях, стабилизируя почвенный покров.

Перспективы интродукции кохии в США и других зарубежных странах во многом определяются также ее устойчивостью к засолению. Этот признак позволяет использовать кохию не только для создания и улучшения кормовых угодий, но и при восстановлении бросовых земель в нефтедобывающих районах, а также при освоении в засушливой зоне выработанных карьеров, в частности рудниковых.

С целью улучшения условий окружающей среды и мобилизации азота биологической фиксации в США широко распространен подсев бобовых трав (люцерны, клевера, донника, лядвенца, эспарцета) при минимальной полосной обработке почвы. В условиях США среднее количество азота, фиксируемого бобовыми травами составляет (кг/га): люцерной – 219, клевером Ладино – 202, клевером розовым -134, клевером луговым -129, клевером ползучим -116. Эти показатели значительно выше по сравнению с соответствующими данными при выращивании однолетних кормовых культур (вика – 90, горох -81, соя -66, кормовые бобы -45).

Среди перспективных для России зарубежных технологий проведения агролесомелиоративных работ следует выделить опыт США по использованию бобовых трав (клевера земляничного, Ладино, лугового, ползучего; лядвенца рогатого) в качестве живой мульчи при создании лесных насаждений. Полученные данные подтверждают, что система землепользования, объединяющая сообщества древесных растений с травами способствует разнообразию и стабильности ландшафтов, рациональному использованию земель.

#### Природоохранная роль пастбищ при глобальном потеплении климата

Данные по мониторингу и прогнозу состояния пастбищ в условиях потепления климата, полученные в США, свидетельствуют о том, что улучшение их продуктивности и плотности дернины под воздействием биомелиорации может превратить природные кормовые угодья в объект активного поглощения углекислого газа, уменьшив тем самым уровень его содержания в глобальном масштабе. Прогнозируемые климатические изменения, связанные с повышением содержания углекислого газа в атмосфере, способны положительно влиять на продуктивность пастбищ, динамику их вегетации, потребление ими воды и питательных веществ (азота), кормовую ценность.

Однако, потепление климата и высокое содержание углекислого газа оказывает большое влияние на среду обитания и может нарушить традиционную систему выпаса на природных пастбищах в первую очередь из-за доступности воды. Это существенно снижает экономическую эффективность пастбищного содержания скота, питательную ценность пастбищного корма, долголетие пастбищ. Изменение экологической среды под влиянием высокой концентрации углекислого газа в атмосфере, изменение температурного режима ландшафтов, условий их влагообеспеченности может вызвать миграцию видов и сообществ растений.

Изменение режима осадков, температуры, содержания углекислого газа на неулучшенных угодьях воздействует на агрохимические свойства почвы, уменьшая мощность подстилки и скорость ее разложения. При этом прогнозируется, что глобальное повышение содержания  $\text{CO}_2$  может привести к существенному увеличению биомассы растений и росту микоризы, нарушая конкурентоспособность видов и структуру сообществ.

#### Заключение

В целом анализ информационных данных позволяет сделать вывод, что проблема биомелиорации природных кормовых угодий в США имеет четко выраженную природоохранную функцию. Технология биомелиорации на современном уровне предусматривает регулируемое использование кормовых угодий, способствующее формированию плотного урожайного растительного покрова, и интродукцию фитомелиорантов.

Развитие биомелиорации в США исследуется с учетом изменения условий окружающей среды, в том числе под влиянием глобального потепления климата.

#### Литература

1. Harrison R.D., Waldron B.L., Jensen K.B. et al  
Forage kochia helps fight range fires. Rangelands, 2002, v.24, N5, p.3-7.

2. Moh'd Khair J.El-Shatnawi and Taoufik Ksiksi. How might global warming and greenhouse effect impact rangelands? Rangelands, 2001, v.23, N4, p. 24-26.
- 3.Pimentel D., Harvey C., Resosurdarmo P. et al. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. Science, 1995, v.267, p.1117-23
- 4.Rangelands for the Future. Rangelands, 2001, v.23, N3, p.3-15.
- 5.Soussana J.F. et al Impacts des changements climatiques et atmospheriques sur la prairie et sa production. Fourrages, 2002, v.169, p.3-24.
- 6.Концепция аграрной политики России в 1997-2000г.г. Ред. Е.С. Строев – М: изд. Вершина-Клуб, 1997г., 352 С.
7. Крылова Н.П. Бобовые травы в системе агролесомелиорации. Аграрная наука, 2002г., №12, с.25-27.

УДК 631.6:627.8

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ**

Н.П. Курбатов

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Нерациональная хозяйственная деятельность, уничтожение естественной растительности, сокращение биологического разнообразия привели к ухудшению процесса естественного почвообразования, заболачиванию почв и увеличили эрозионные потери.

Критерии оценки состояния агроландшафтов в условиях мелиоративной и водохозяйственной деятельности тесно связаны с количественной характеристикой поверхностного стока, определяющего темпы потерь почвы и почвообразования, их компенсирующих.

Водохозяйственное строительство и мелиоративные работы нарушают сложившиеся в природе саморегулирующие гидрогеохимические процессы и потоки, особенно в верхнем геологическом этаже, и интенсифицируют движение солевых масс.

В Тверской области водохранилища построены на ряде рек. Сток воды из нескольких озер зарегулирован, а сами озера превращены в водохранилища. Общая площадь их составляет 1% всей площади области, а объем при максимальном наполнении превышает 5081 млн. м<sup>3</sup>. Наиболее крупные из водохранилищ, объемом от 500 млн.м<sup>3</sup> до 1250 млн.м<sup>3</sup> образуют каскад на реке Волге: Верхневолжское, Ивановское, Угличское, Рыбинское (к Тверской области примыкает его Моложский плес). К крупным водохранилищам относится и Вазузское (в пределах Тверской области находится его северная часть).

В 70-х, 80-х годах прошлого века в Нечерноземье интенсивно велось мелиоративное строительство. Осушительные и оросительные мелиорации существенно повлияли на режим поверхностного и грунтового стока.

В области наблюдается заметное снижение урожайности и ухудшение кормовых свойств травостоя на некоторых сенокосных и пастбищных угодьях. Объясняется это постепенным заболачиванием лугов и пастбищ. По данным областного управления сельского хозяйства (табл. 1) с 1949 по 1956 год пло-

щадь заболоченных сенокосов в области увеличилась на 60 тыс. га, заболоченных пастбищ — на 48 тыс. га, в то время как площадь суходольных сенокосов с 1949 по 1955 год сократилась на 71,5 тыс. га [1].

Таблица 1. Площади переувлажненных и заболоченных земель в Тверской области, тыс. га

Угодья	Переувлажненные			Заболоченные			
	Всего	Из них		Всего	Из них		
		поймен.	внепойм.		слабо	средне	сильно
Пашня	483,2	10,8	472,4	343,4	316,1	23,8	3,5
Сенокосы	33,9	3,8	30,1	174,5	91,4	55,1	28,0
Пастбища	72,8	6,4	66,4	262,2	69,7	60,8	31,7

В качестве критерия предлагается использовать количественные соотношения между площадями с/х угодий с различным функциональным назначением, показатели степени заболачивания и эрозионные потери.

Определение главных и второстепенных факторов формирования стока, ландшафтная дифференциация по реальным потерям почвы, темпам почвообразования и их соотношениям в зависимости от вида ландшафта определяют путь максимального приспособления к экологическим условиям и адаптивности систем ведения хозяйства.

Смена почвенных разностей имеет закономерный характер, так как связана с изменениями вод режима почв (перераспределением влаги в почве). При этом, можно наблюдать переход не только одного подтипа почв в другой, но и одного типа почв в другой. Эти переходы были замечены еще в 1914 году проф. М. М. Филатовым [3] в предварительном отчете по почвенным исследованиям Московской губернии.

На примере двух хозяйств, которые по почвенным и гидрогеологическим параметрам являются характерными для ряда районов Тверской области, нами детально рассматривается применение этой методики.

Хозяйства Калининского района Тверской области ЗАО «Андрейково» и АОЗТ «Петровское» находятся в зоне влияния Ивньковского водохранилища.

На территории хозяйства ЗАО «Андрейково» 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 [2].

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 (табл. 2). Увеличился позолистый горизонт вымывания ( $A_2$ ) с 36см в 1967г., до 41см в 1984г. На сенокосах граница верхнего гумусового горизонта ( $A_f$ ) увеличилась за 17 лет с 23 см до 27см.

Таблица 2. Изменение гумусового горизонта в ЗАО «Андрейково»

Наименование	с\х назначение	Нижняя граница, см (глубина см)			Год
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B	
Дерново- среднеподзолистые	Пашни	23	37	-	1967
		23	35	-	1984
Дерново-средне- суглинистые слабо- каменистые		21	36	-	1967
		24	41	-	1984
Дерново-средне суглинистые про- фильно –глеевые	Сенокосы	23	37	-	1967
		27	37	-	1984
Дерново –глеевые		25	39	-	1967
		27	39	-	1984

Химический анализ почв ЗАО «Андрейково» (данные на 1985 год) показал, что рН солевой вытяжки среднеподзолистых почв составил 5,1 (табл. 2), а сумма Са + Mg мг-экв. на 100гр почвы - 10. Процесс направлен на постепенное оглеение почв. На пойменных дерново-луговых глеевых почвах рН солевой вытяжки – 4,3, Са + Mg мг-экв. на 100гр почвы – 8,8. Менее всего отмечено содержание Са + Mg подзолах железистых, песчаных – 2,0.

С течением времени происходит трансформация площадей сельхозугодий: осушительные мелиорации и распашка увеличивают площади пашни, а в результате естественного заболачивания пашня переходит в сенокосы и пастбища.

С 1967г. по 1984г. площадь пашни в ЗАО «Андрейково» увеличилась на 988 га. При этом, площади пашен на дерново-подзолистых почвах поверхностно-слабоглееватых за 17 лет увеличились со 180 га до 856 га. Общая площадь глееватых почв уменьшилась, а поверхностно-глееватых увеличилось. Происходит постепенное поднятие горизонта оглеения к поверхности и качество почв ухудшается.

Аналогичная картина наблюдается 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 (табл. 3). Нижняя граница верхнего гумусового горизонта на пашнях в 1971г. A<sub>1</sub> = 21см, в 1984г. - A<sub>1</sub> = 23см. Подзолистый горизонт вымывания (A<sub>2</sub>) возрос с 35см в 1971г., до 38 см в 1984г. На сенокосах граница верхнего гумусового горизонта (A<sub>1</sub>) увеличилась за 13 лет с 25 см до 27см.

Таблица 3. Изменение гумусового горизонта в ЗАО «Петровское»

Наименование	с\х назначение	Нижняя граница, см (глубина см)			Год
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B	
Дерново- среднеподзоли- стые	Пашни	23	37	-	1971
		23	39	-	1984
Дерново-средне- суглинистые слабокаменистые		21	35	-	1971
		23	38	-	1984
Дерново-средне суглинистые по- верхностно- глеевые	Сенокосы	22	39	-	1971
		23	41	-	1984
Дерново- подзолистые профильно- глеевые		25	40	-	1971
		27	43	-	1984

С 1971г. по 1984г. произошла трансформация площадей сельхозугодий АОЗТ «Петровское»: пашня сократилась на 50 га, сенокосы на 1303 га, пастбища – 2243га. Площади пашен на дерново-подзолистых почвах поверхностно-глееватых за 13 лет увеличились с 293 га до 1178 га, а общая площадь глееватых почв уменьшилась, 180 га сенокосов перешли в болотные почвы.

По химическому составу, по анализу рН солевой вытяжки среднеподзолистых почв в АОЗТ «Петровское», установлено, что при рН от 4,5 до 5,5 сумма Са + Mg мг-экв. на 100гр почвы изменяется от 6,9 до 14,5. Идет оглеение почв.

Земли хозяйств ЗАО «Андрейково» и АОЗТ «Петровское» по почвенному районированию отнесены к Центральному району, который характеризуется сложностью и неоднородностью поверхности, отличается большой пестротой почвенного покрова. Район подвергается производственному воздействию. Почвы находятся в условиях промывного режима, идет выщелачивание и вынос растворенных веществ. Видимым признаком выщелачивания является наличие в почве подзолистого горизонта.

Грунтовые воды приурочены к четвертичным отложениям, глубина их залегания - от 1м до 20м. Подземные воды, приуроченные к отдельным генетическим и стратиграфическим горизонтам и комплексам четвертичных отложений вследствие фациальной изменчивости этих пород, а также выклинивания и замещения песков суглинистыми породами, часто находятся в сложной взаимосвязи между собой, а также с подземными водами, заключенными в дочетвертичных породах, и с водами рек и озер.

В 1975 году в ЗАО «Андрейково» была построена плотина на р.Крапивня и создано водохранилище для орошения сельскохозяйственных культур. Ём-



кость водоема – 500 тыс. м<sup>3</sup>, площадь зеркала - 45 га. Очевидно, это послужило толчком к более интенсивному процессу оглеения почв.

Благодаря большому содержанию глинистых частиц валунные суглинки отличаются высокой капиллярностью, плохой водопроницаемостью и плохой аэрацией. Поэтому почвы, формирующиеся на этих отложениях, часто имеют признаки заболачивания. Разложение растительных остатков вследствие плохой аэрации протекает в них медленно.

В результате изменения водного режима нарушаются сложившиеся в природе саморегулирующие гидрогеохимические процессы и потоки, особенно в верхнем геологическом этаже. Происходит перевод автоморфных процессов почвообразования в гидроморфный, подъем грунтовых вод и их испарительный режим, снижение естественной дренированности и усиление искусственного дренажа.

#### 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. Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения: Учеб. для геогр. спец вузов. – М.: Высш. шк. 1989. - 320с.

УДК 624.131.6

## **ОСОБЕННОСТИ ПОЛИВА СТОЧНЫМИ ВОДАМИ**

А.М. Ларионова

Россельхозакадемия, Москва, Россия

Орошение навозными стоками (далее стоками), зачастую, вызывает негативное отношение населения вообще к какой-то мелиорации. Возможно, на то имеются причины. Остановимся на отдельных моментах. На комплексах по выращиванию крупного рогатого скота (КРС) и свиней возникает серьезный вопрос, куда девать стоки? Накопительные емкости переполняются, имеется опасность сброса стоков в водоемы. Одним из путей утилизации навозных стоков – это их распределение на земельно-сельскохозяйственных полях орошения. Обследование полей орошения поставило ряд вопросов, главные из которых, а правильно ли мы поливаем и не ухудшаем ли мы землю и экологию окружающей среды?

Приведу пример – это утилизация навозных стоков КРС в совхозе «Лакинский» Владимирской области с помощью дождевальная машины ДКН-80. В 1984 г. обследованы земельно-сельскохозяйственные поля орошения при поливе многолетних трав 2-го года. После очередного полива дождевальная машина (ДМ) часть участков (от отдельных гидрантов) были затоплены, а на части сожжен травостой навозными стоками. Причина неудовлетворительного состояния поливных участков в следующем: поливные нормы для полива навозными стоками были

завышены; не согласованы цели научных, проектных организаций, хозяйств и исполнителей – поливальщиков.

Наука и проектные организации устанавливают, в основном, расчетную поливную норму исходя из потребности растений в питательных элементах (НРК), а это в пределах – 200-400 м<sup>3</sup>/га. Время стоянки ДКН-80 на одной позиции около 1-2-х часов (от 60 до 120 мин) при средней интенсивности дождя 0,35 мм/мин. При этом поверхностный сток образуется через 20-30 минут, или вылитая норма составляет в пределах 70-105 м<sup>3</sup>/га, что значительно ниже проектируемых поливных норм.

Следует отметить, что проектными организациями основной расчет величины поливных норм ведется с целью обеспечения растений питательными элементами. При этом не учитывается снижение впитывающей способности почвы при подаче навозных стоков и поливной нормы до образования поверхностного стока. Цель работников хозяйств утилизировать навозные стоки с минимумом расходов, освободить накопители, не допустить сброса стоков в водоемы и не платить штрафы.

В производственных условиях, из-за несовершенства ДМ и незаинтересованности поливальщиков в качественном поливе, продолжительность стоянки ДМ на одной позиции достигал 2–7 суток, а это объем вылитой сточной воды в пределах 9–30 тыс. м<sup>3</sup>/га. Такой избыточный объем воды явно не мог впитаться в почву, а стекал по уклону местности и скапливался в пониженных участках. Далее переезд ДМ на очередную позицию проводился через 2-4 гидранта.

В итоге, после такого полива орошаемый ландшафт представился шахматной доской, где зеленая трава перемежалась с коричневой выжженной травой, были четко видны места стоянки ДМ – это затопленные и заболоченные участки в пониженных местах и выжженные избытком азота участки. В местах стоянки ДМ в несколько раз увеличивался объем вылитых стоков и растения были затоплены, а на соседних не поливаемых позициях растения не получали ни воды, ни питательных элементов. Явно, что от такой технологии полива больше вреда, чем пользы.

При поливе навозными стоками существующими дождевальными машинами существует еще одна проблема – это забивание дождевальных насадок илом и волокнистыми включениями. Даже в период широкого развития мелиоративных работ поливальщики без особого удовольствия очищали насадки от навозных взвесей, что требовалось практически после каждого переезда на очередную позицию. В будущем конструкторам необходимо учесть засорение насадок при распределении навозных стоков, подумать об их удобной очистке и улучшении условий труда поливальщиков.

Кроме этого от земледельческих полей орошения разносился аромат навозных стоков. Может животные и с удовольствием поедали корм, выращенный на этих полях, но населению не очень приятно было такое соседство.

Другой пример – орошение сточными водами Оренбургского газоперерабатывающего комбината на площади 1500 га в Оренбургской области. Полив осуществлялся с помощью дождевальных машин «Фрегат». В отличие от совхоза «Лакинский» вода была прозрачной и не содержала включений, был хо-

рошо организован процесс распределения сточных вод, соблюдалась технология полива. Интенсивность дождя ДМ» Фрегат» соответствовала впитывающей способности данных почв. Однако высокое расположение водопроводящего пояса данного типа ДМ способствовало отнесу дождя до 120 м при скорости ветра около 4-6 м/с. Так, качественный дождь, но падающий с большой высоты, относится ветром на значительные расстояния. В опытах была снижена высота падения дождя на ДМ «Фрегат» от 3 до 1 м и уменьшился относительный дождь ветром до 68 м и за счет применения нового опытного аппарата (а.с. № 1516064) – до 45-50 м.

При несоблюдении технологии утилизации сточных вод и длительном орошении сточными водами постепенно идет накопление в почве и вредных элементов, находящихся в поливной воде. Аэрозоль сточных вод разносится на большие расстояния, загрязняя соседние территории. Опять напрашивается вопрос о пересмотре требований при орошении сточными водами.

Здесь не грех вспомнить, что слабым местом при утилизации сточных вод являются накопители. Многими авторами отмечается то, что из-за несвоевременного проведения ремонтов, неудовлетворительного состояния накопителей и сооружений участились случаи сброса стоков в водоемы и это еще больше ухудшает экологическую обстановку, в т.ч. на полях орошения.

В настоящее время при скудных объемах финансирования и отсутствия, зачастую, «хозяина» или ответчика за сбросы стоков в водоемы, меньше уделяется внимания техническому состоянию накопителей и элементов оросительной системы, в т.ч. дождевальных машин. К отмеченным недостаткам присовокупляются и другие факторы, как нет достаточно средств на проведение поливов, из села уходит трудоспособное население и специалисты. Здесь научным и проектным организациям больше следует обратить внимание на разработку более совершенной поливной техники и улучшение условий труда поливальщиков.

Большинство существующих дождевальных машин дает структуру дождя больше допустимых значений по агротехническим требованиям. Из-за несоответствия качества дождя впитывающей способности почвы и подаваемого объема воды, невозможно выдать требуемую поливную норму, так как образуется поверхностный сток, который вызывает эрозию почв, затопление и загрязнение участков, особенно при поливе сточными водами, а малый объем ведет к недобору урожая.

При затоплении и загрязнении участка ухудшаются не только условия роста и развития растений, но и экологическая обстановка сопряженных территорий, чего нельзя допускать мелиораторам, так как мелиорация призвана улучшать неблагоприятные природные условия.

При растущих ценах на воду, энергию и горюче-смазочные материалы повышается стоимость гектарополива, а следовательно и затраты на производство сельскохозяйственной продукции, поэтому особо актуальным становится вопрос экономного и рационального использования поливной воды. Настала не-

обходимость пересмотреть отдельные положения и дать направление на водосберегающие и почвоохранные технологии полива, что особенно актуально для засушливой зоны России.

На основе сказанного можно сделать ряд выводов:

1. Расчетную поливную норму при поливе навозными стоками назначать с учетом требований растений в воде и питательных элементах, соответствия качества дождя и впитывающей способности почв и снижения скорости впитывания сточных вод по сравнению с чистой водой.

2. Не допускать образования поверхностного стока при поливе дождеванием, ухудшения и загрязнения окружающей среды.

3. Для распределения сточных вод в ветровой зоне необходимо приблизить их распределение к поверхности земли.

4. Совершенствовать конструкцию насадок, с целью снижения отбоя дождя ветром и возможности самоочищения их от взвесей.

5. Улучшить условия труда поливальщика, снизить контакт его со стоками и участие при переездах на очередную позицию.

6. Для уменьшения загрязнения окружающей среды и водоемов обратить особое внимание на техническое состояние накопителей и элементов оросительных систем.

7. Не допускать перевода орошаемых земель в поля для утилизации сточных вод и навозных стоков.

УДК 635.64:631.67:631.8

## **ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ КУКУРУЗЫ ПРИ ОРОШЕНИИ**

А.В. Майер

Волгоградский КО ГНУ ВНИИГиМ, Волгоград, Россия

В условия аридного климата Нижнего Поволжья особое значение приобретают вопросы водного питания кукурузы. Поливной режим кукурузы существенно зависит от комплекса природных и управляемых человеком факторов, таких, как уровень водообеспеченности, условия минерального питания, генетический потенциал растений, метеорологические факторы и др. Поэтому важным условием проектирования поливных режимов сельскохозяйственных культур, в частности, кукурузы, является изучение закономерностей формирования суммарного водопотребления посевами во взаимосвязи с этими факторами.

С 2002 года нами проводятся исследования, важной задачей которых являлось изучение особенностей и закономерностей суммарного потребления воды посевами кукурузы при регулировании водного и пищевого режима почвы.

Опыты проводилась на орошаемых землях Городищенской оросительной системы в зоне светло-каштановых почв Волгоградской области. По фактору водного режима почвы изучалось пять уровней водообеспечения посевов куку-

рузы в сочетании с внесением минеральных удобрений дозами  $N_{90}P_{40}K_{100}$ ,  $N_{140}P_{60}K_{160}$ ,  $N_{190}P_{80}K_{220}$  и  $N_{240}P_{100}K_{280}$ . Наименьший уровень водообеспечения кукурузы, А0, предусматривал поддержание постоянного порога предполивной влажности почвы на уровне 70 % НВ. Также схемой опыта предусматривалось изучение трех вариантов дифференцированного водообеспечения, 70-80-70 % НВ, при поддержании предполивного уровня влажности почвы 80 % НВ в периоды соответственно «выметывание метелки...молочно-восковая спелость зерна» (А1), «11-й лист... молочно-восковая спелость зерна» (А2), «7-й лист... молочно-восковая спелость зерна» (А3) и вариант, где поливы проводились при снижении влажности почвы до 80 % НВ в течение всего периода вегетации культуры (А4).

Анализ опытных данных (табл.1) показывает, что суммарное водопотребление кукурузы возрастает с улучшением условий водного и минерального питания растений.

Таблица 1. Суммарное испарение воды посевами кукурузы при разных сочетаниях условий водного и минерального питания растений, м<sup>3</sup>/га

Уровень ного Д питания минерала	Вариант режима	ВОДНОГО ПОЧВЫ 2002	Г 2003	Г 2004	Среднее 2002...2004	$\Delta E_{crop}$ на каждом агрофоне (среднее за 2002-2004 гг.)	
						м <sup>3</sup> /га	Г %
$N_{90}P_{40}K_{100}$	А0	4100	3610	3740	3820	-	-
$N_{90}P_{40}K_{100}$	А1	4230	3720	3860	3940	120	3,1
$N_{90}P_{40}K_{100}$	А2	4320	3790	3940	4020	200	5,2
$N_{90}P_{40}K_{100}$	А3	4370	3750	3980	4030	210	5,5
$N_{90}P_{40}K_{100}$	А4	4480	3930	4090	4170	350	9,2
$N_{140}P_{60}K_{160}$	А0	4140	3650	3780	3860	-	-
$N_{140}P_{60}K_{160}$	А1	4290	3780	3920	4000	140	3,6
$N_{140}P_{60}K_{160}$	А2	4390	3860	4010	4090	230	6,0
$N_{140}P_{60}K_{160}$	А3	4460	3840	4070	4120	260	6,7
$N_{140}P_{60}K_{160}$	А4	4570	4020	4180	4260	400	10,4
$N_{190}P_{80}K_{220}$	А0	4220	3730	3860	3940	-	-
$N_{190}P_{80}K_{220}$	А1	4390	3880	4020	4100	160	4,1
$N_{190}P_{80}K_{220}$	А2	4500	3970	4120	4200	260	6,6
$N_{190}P_{80}K_{220}$	А3	4590	3970	4200	4250	310	7,9
$N_{190}P_{80}K_{220}$	А4	4700	4150	4310	4390	450	11,4
$N_{240}P_{100}K_{280}$	А0	4260	3770	3900	3980	-	-
$N_{240}P_{100}K_{280}$	А1	4430	3920	4060	4140	160	4,0
$N_{240}P_{100}K_{280}$	А2	4560	4030	4180	4260	280	7,0
$N_{240}P_{100}K_{280}$	А3	4650	4030	4260	4310	330	8,3
$N_{240}P_{100}K_{280}$	А4	4760	4210	4370	4450	470	11,8

В вариантах, где порог предполивной влажности почвы 70 % НВ поддерживался в течение всего периода вегетации культуры, а минеральные удобрения вносили дозой  $N_{90}P_{40}K_{100}$ , численные значения суммарного испарения влаги посевами кукурузы не превышали 3610...4100 м<sup>3</sup>/га. Повышение уровня предполивной влажности почвы до 80 % НВ в период от «выметывание метелки» до фазы «молочно-восковая спелость зерна» увеличивало суммарное водопотребление в среднем на 120 м<sup>3</sup>/га или 3,1 %. При поддержании порога предполивной влажности почвы 80 % НВ в течение вегетационного периода объем потребляемой влаги возрастал на 9,2 %. При поддержании дифференцированных порогов предполивной влажности почвы 70-80-70 % НВ по схеме вариантов А2 (80 % НВ – в период «11 лист...молочно-восковая спелость») и А3 (80 % НВ – в период «7 лист...молочно-восковая спелость») величина суммарного испарения влаги кукурузой возрастала на 5,2...5,5 % в сравнении с контролем (вариант А0 – 70-70-70 % НВ).

В вариантах с более высоким уровнем минерального питания улучшение условий водообеспечения растений кукурузы увеличивало суммарное потребление влаги посевами в большей степени. Так, повышение уровня предполивной влажности почвы с 70 % НВ (вариант А0) до 80 % НВ (вариант А4) на фоне внесения минеральных удобрений дозой  $N_{90}P_{40}K_{100}$  увеличивало суммарное водопотребление кукурузы на 9,2 %, при внесении  $N_{140}P_{60}K_{160}$  – на 10,4 %,  $N_{190}P_{80}K_{220}$  – на 11,4 %.

Такая же закономерность прослеживается и при повышении доз внесения минеральных удобрений на вариантах с разным уровнем водообеспечения. Повышение доз внесения минеральных удобрений с  $N_{90}P_{40}K_{100}$  до  $N_{240}P_{100}K_{280}$  в сочетании с поддержанием порога предполивной влажности почвы на уровне 70 % НВ увеличивало объем суммарного испарения влаги посевами кукурузы в среднем на 4,2 %, а при поддержании предполивного уровня 80 % НВ – на 6,7%.

Существенное влияние на формирование суммарного водопотребления в опыте оказали погодные условия в период вегетации культуры. Наименьшее количество воды за вегетацию, 3610 м<sup>3</sup>/га, посева кукурузы испаряли в наиболее обеспеченном осадками 2003 году, а наибольшее значение суммарного водопотребления, 4760 м<sup>3</sup>/га, отмечено в острозасушливом, 2002 году.

С использованием методов математического анализа численного материала нами определена тесная корреляционная зависимость суммарного испарения воды посевами кукурузы от регулируемых в опыте факторов водного и пищевого режимов растений и метеоусловий, складывающихся в течение вегетационного периода. Коэффициент множественной детерминации равен 0,95. Форма зависимости согласно результатам выполненного анализа с наибольшей точностью описывается уравнением вида:

$$E_{\text{crop}} = 3226 + 0,21 \cdot X_1 + 0,0002 \cdot X_1 \cdot X_2 + 2478,7 \cdot X_3 - 6218,6 \cdot X_3^2$$

где  $X_1$  – уровень водообеспечения посевов кукурузы, представляющий собой суммарный объем воды, поступившей с осадками и поливами, м<sup>3</sup>/га;  $X_2$  – уровень минерального питания, кг д.в./га;  $X_3$  – гидротермический коэффициент вегетационного периода.

Исследование вариационной динамики численных значений суммарного потребления воды посевами кукурузы показало преимущественное влияние водного режима почвы и погодных условий в годы проведения исследований. Суммарная доля совместных вариаций водопотребления кукурузы и факторов погоды, водного режима почвы составляет 91,6 %. Доля влияния удобрений в изменении суммарного испарения влаги кукурузой не превышает 8,3 %. С целью упрощения формы полученной зависимости был проведен регрессионный анализ численных значений суммарного водопотребления в функции факторов погоды и водного режима почвы с исключением фактора питательного режима растений. Получена формула вида (рис.1):

$$E_{\text{crop}} = 3226 + 0,29 \cdot X_1 + 2478,7 \cdot X_3 - 6218,6 \cdot X_3^2$$

где  $X_1$  – уровень водообеспечения посевов кукурузы, м<sup>3</sup>/га;  $X_3$  – гидротермический коэффициент вегетационного периода.

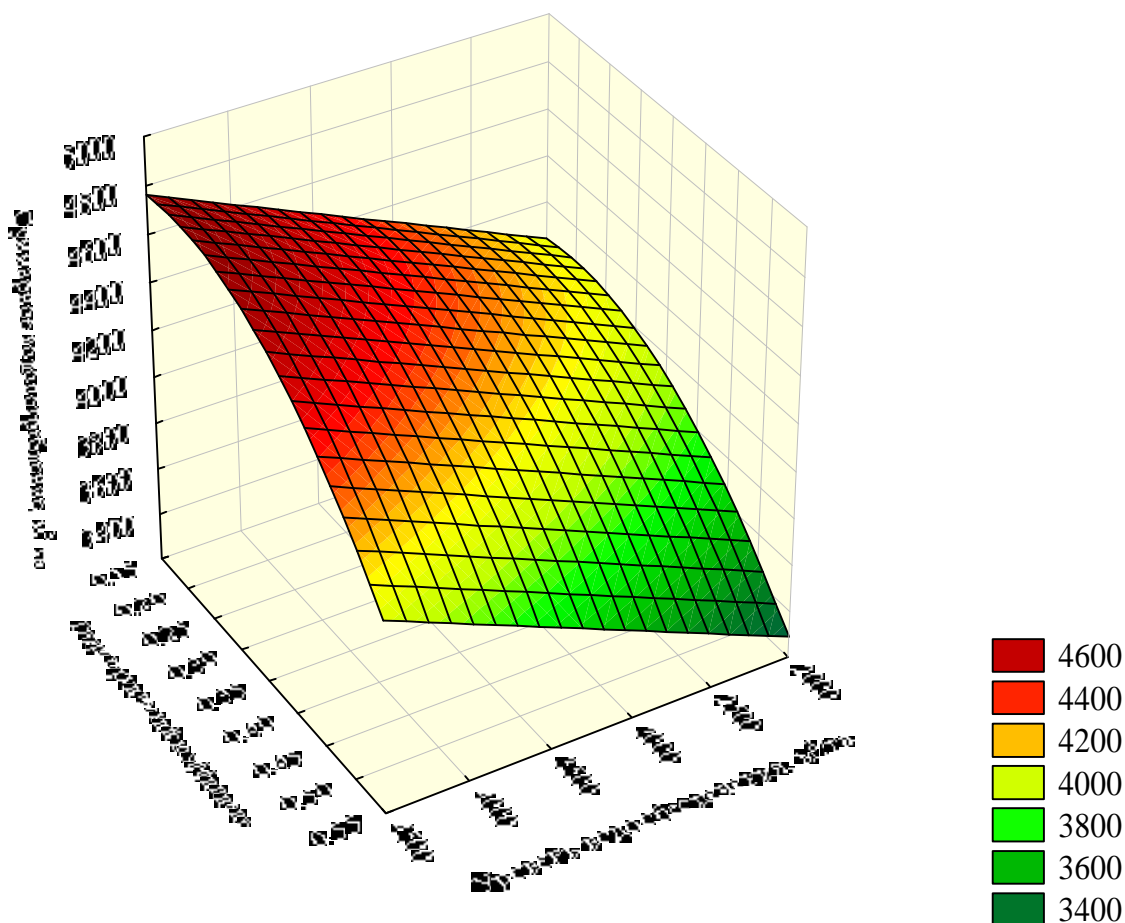


Рис. 1. График зависимости суммарного водопотребления кукурузы от уровня водообеспечения и погодных условий в период вегетации культуры

Полученная зависимость характеризуется высоким значением коэффициента детерминации,  $R^2 = 0,92$ , что позволяет использовать формулу на практике.

Е.А.Макарычева

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Влагообмен почвы с грунтовыми водами осуществляется по закономерностям гравитационного, капиллярного и парожидкостного переноса воды (О.В.Шаповалова, 1987), при этом основную роль играет капиллярное движение, определяемое глубиной залегания уровня (Н), капиллярными свойствами почвы и породы зоны аэрации, а также влажностью на подошве расчетного слоя ( $\omega_p$ ), изменяющейся во времени. Направление и скорость капиллярного движения при постоянных значениях Н и мощности расчетного слоя ( $h_p$ ) могут быть установлены при наличии графика изменения во времени капиллярного потенциала почвы и основных водно-физических характеристик почвы и породы.

В качестве последних можно принять эпюру равновесной влажности в зоне капиллярного увлажнения -  $\omega_p(H_k)$  и коэффициент влагопроводности (К) в виде его зависимости от капиллярного потенциала, равного высоте точки над зеркалом воды ( $H_k$ ). Эти характеристики определяют методом высоких монолитов при капиллярном увлажнении почвы (породы) с нижнего торца, измеряя в процессе опыта высоту увлажненной зоны, а после достижения максимальной высоты капиллярного поднятия ( $H^*$ ) – равновесную влажность. Скорость впитывания воды ( $V_{вп}$ ) рассчитывают по формуле (Е.А.Макарычева, 1987):

$$V_{вп} = V_{и} + V_{фр}(\omega_p - \omega_{исх}) \quad (1),$$

где  $V_{и}$  - скорость испарения с зеркала воды, замеряемая по испарителю,  $V_{фр}$  - скорость движения фронта увлажнения,  $\omega_{исх}$  – исходная влажность.

Значения  $H^*$  закономерно увеличиваются с увеличением содержания частиц крупной пыли диаметром 0,01 – 0,05 мм (С), зависимость  $H^*(С)$  в диапазоне  $10 < С < 55\%$  является линейной (Е.А.Макарычева, 1998) в виде:

$$H^* = 50 + 2,2 С, \text{ см} \quad (2)$$

Зависимость скорости впитывания воды от равновесной влажности, как показали опыты на колонках легкосуглинистой почвы нарушенного сложения, характеризуется тремя диапазонами влажности, в каждом из которых закономерности капиллярного движения различны (Е.А.Макарычева, 2004). Это отражает разную степень подвижности воды в крупных, средних и мелких порах, что ранее отмечал А.А. Роде (1952) при оценке возможности применения метода электродинамических аналогий в теории подвижности почвенной влаги. Зависимость скорости впитывания от потенциала является степенной в виде:

$$V_{вп} = 12 / H_k^{1,72}, \text{ м/сут} \quad (3),$$

где  $H_k$  - значение потенциала, изменяется в диапазоне  $12 < H_k < 90$  см.

Мощность переходной зоны на фронте увлажнения (h) составляет 1 – 3 см, что также было установлено экспериментально другими исследователями (А.В.Журов, В.А. Тормасов, 1985, П.В.Тищенко, 1972). Поэтому, принимая в



качестве расчетного значение  $h$  равным 2 см, можно определять градиент капиллярного потенциала по их разности потенциалов на границах переходной зоны:

$$I_k = 0,5 (H_{k, \text{исх}} - H_{k, \text{р}}) \quad (4),$$

где значения потенциалов измеряются в см.

В этом случае коэффициент влагопроводности можно рассчитать по формуле:

$$K = 2(V_{\text{вп}} - V_{\text{и}}) / (H_{k, \text{исх}} - H_{k, \text{р}}) \quad (5)$$

Результаты расчетов для легкосуглинистой почвы из частиц более 1мм при  $H^* = 90$  см,  $V_{\text{и}} = 5$  мм/сут и исходной влажности 5% представлены в таблице 1.

Таблица 1. Расчет капиллярной проводимости почвы по скорости впитывания

$\omega_p, \%$	27	30	33	34,5	36	39	40	41,6	42	42,8
$H_k, \text{см}$	90	73	57	50	40	30	25	20	16	12
$V_{\text{вп}}, \text{мм/сут}$	5	7	11	14	21	34	46	65	100	160
$V_k, \text{мм/сут}$	0	2	6	9	16	29	41	61	95	155
$I_k$	0	8,5	16,5	20	25	30	32,5	35	37	39
$K, \text{мм/сут}$	0	0,24	0,36	0,45	0,64	0,97	1,26	1,74	2,56	4,0

Зависимость коэффициента влагопроводности от потенциала является степенной:

$$K = 0,2 / H_k^{1,57}, \text{ м/сут} \quad (6)$$

Определение коэффициента влагопроводности по кривым водоудерживания (ОГХ) приводит к занижению их значений вследствие преувеличения капиллярного потенциала (Н.А. Муромцев, 1984, Е. А. Макарычева, 1992), обусловленного деформацией порового пространства (Н.А. Качинский, 1947). Последняя проявляется в увеличении удельной поверхности почв ( $S$ ) после их иссушения действием внешнего давления, вызывающим разрушение агрегатов. По результатам исследований процессов влагопереноса в бурых лесных и лугово-болотных почвах значения  $S$  при их увлажнении составляли 27,6 – 112,5, а при иссушении – 46,9 – 148,6 м<sup>2</sup>/г (В.Г. Онищенко, 1984).

В зависимости от динамики влажности на подошве расчетного слоя почвы наблюдается нисходящее движение воды в зону аэрации или приток грунтовых вод. Для примера рассмотрим изменение направления и значений скорости влагообмена на подошве расчетного слоя мощностью 1,0 м в расчетный период 20 сут при уменьшении влажности почвы, соответствующем увеличению потенциала почвы от 30 до 120 см (рис.1). Характеристики породы принимаем по таблице 1, глубина залегания уровня постоянна и равна 1,5 м, расчетное значение потенциала породы составляет 50 см.

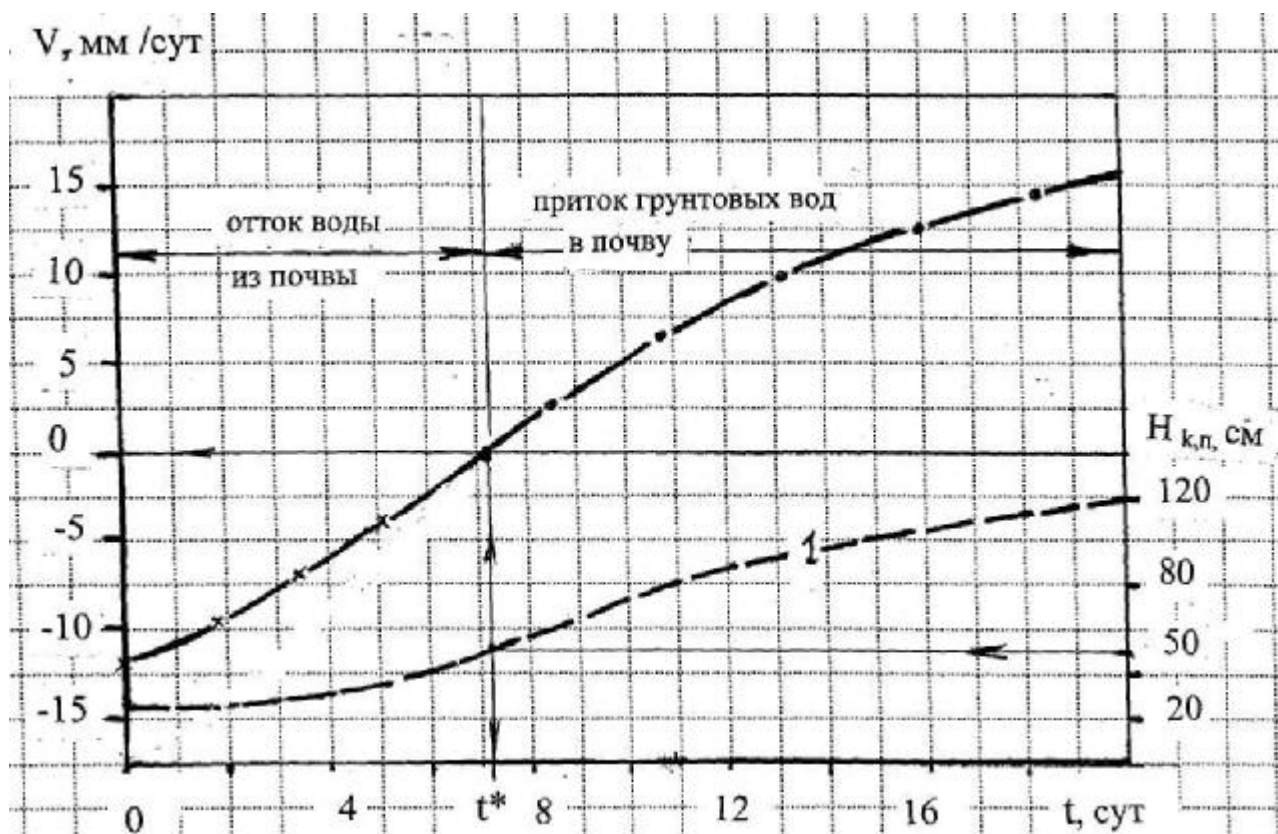


Рис.1. Графики потенциала почвы (1) и скорости влагообмена почвы с грунтовыми водами при  $H = 1,5\text{ м}$  и  $h_p = 1,0\text{ м}$

В период  $t < t^*$  потенциал почвы меньше 50 см, поэтому имеет место отток воды в зону аэрации со скоростью  $V_{от}$ , при  $t > t^*$  происходит приток грунтовых вод. Скорость притока ( $V_{г.р.}$ ), определяется коэффициентом влагопроводности равным 0,45 мм/сут. Результаты расчета скоростей при коэффициенте влагопроводности почвы равном  $0,2/H_k^{1,5}$  приведены в таблице 2.

Таблица 2. Значения скоростей влагообмена в мм/сут при  $H = 1,5\text{ м}$  и  $h_p = 1,0\text{ м}$ .

t, СУТ	0	2	4	6	8	10	15	20
$H_{k,п}$	30	34	37	45	60	75	105	120
$I_k$	-10	-8	-6.5	-2.5	5	12.5	27.5	35,0
$K_{п}$	1.2	1.0	0.9	0.7	0.45	0.3	0.2	0.15
$V_{от}$	12.2	8.0	5.8	1.7				
$V_{г.р.}$					2.3	5.6	12.4	15.8

С увеличением глубины залегания уровня скорость притока грунтовых вод уменьшается, а влияние влажности почвы остается существенным, что видно из зависимостей, представленных на рисунке 2. Поэтому динамику влажности на подошве расчетного слоя почвы следует учитывать при обосновании допустимой глубины залегания уровня и нормы осушения, определяющих водно-солевой режим почв.

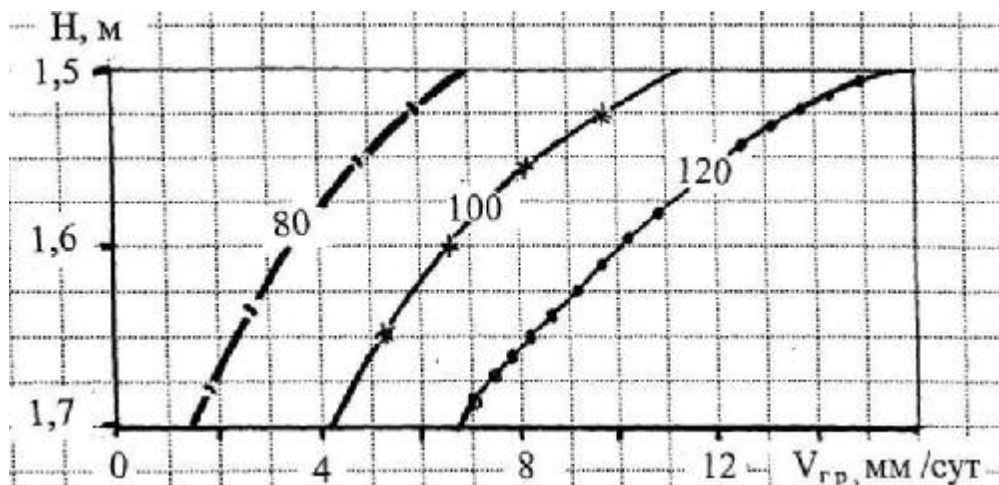


Рис.2. Зависимости скорости притока грунтовых вод в почву от глубины залегания их уровня при значениях потенциала на подошве расчетного слоя почвы 80-100-120 см

Зависимости  $V_{вп}(H_k)$  и  $K(H_k)$ , установленные методом высоких монолитов, могут быть использованы для более точной оценки водоподъемной способности почв и пород зоны аэрации, приближенной характеристикой которой служит максимальная высота капиллярного поднятия.

#### Литература

1. А.В. Журов, В.А. Тормасов. К вопросу о механизме капиллярного поднятия в связи с подтоплением застроенных территорий.// Гидродинамическое обоснование прогнозов подтопления городских территорий. М., 1985.
2. Н.А. Качинский. О структуре почвы, некоторых водных ее свойствах и дифференциальной порозности.// Почвоведение, №6, 1947.
3. Е.А. Макарычева. О методах определения потенциала влажности.// Труды ВНИИГиМ, том 84, М., 1992.
4. Е.А. Макарычева. Определение характеристик водоподъемной способности почвогрунтов.// Мелиорация и водное хозяйство, №5, 1998.
5. Н.А. Муромцев. Водоподъемные свойства аллювиальной луговой суглинистой почвы.// Почвоведение, №3, 1984.
6. В.Г. Онищенко. Индивидуальные и обобщенные гистерезисные характеристики коэффициентов влагопереноса.// Почвоведение, №9, 1984.
7. А.А. Роде. Почвенная влага. М., 1952.
8. П.В. Тищенко. Опыт определения интенсивности капиллярного подъема влаги в почве с помощью полуавтоматической компенсационной установки.//Труды ГГИ, вып. 199 – Водный баланс орошаемых земель. Л., 1972, Гидрометеиздат.
9. О.В. Шаповалова. Роль фазовых переходов при передвижении воды в системе почва – растение – атмосфера.// Обоснование допустимых глубин грунтовых вод орошаемых земель. М., ВНИИГиМ, 1987.

УДК 631.452:631.811

## **ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ СУПЕСЧАНЫХ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВСПЕНЕННОГО КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОГО УДОБРЕНИЯ (ВКФУ)**

Максименко В.П., Деев С.Ю.

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия;

Мажайский Ю.А.

МФ ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Солотча, Россия

Под антропогенным и природным воздействием постоянно происходит уплотнение корнеобитаемого слоя почвы, усиление эрозионных процессов, нарушение питательного и водного режимов. Разуплотнение его достигается различными способами: пахотой с оборотом и без оборота пласта, чизелеванием, глубоким периодическим рыхлением, внесением химмелиорантов.

Применение искусственных высокомолекулярных полимеров представляет одну из возможностей повышения плодородия земель путем создания субстратов из почвы и искусственных материалов. Химически измененные природные материалы или синтетические продукты позволяют эффективно изменять водно-физические и химические свойства почвы.

В таких преобразованиях нуждаются все типы подзолистых почв, исходно низкое плодородие которых усугубляется при организации производств растениеводческой продукции. Повышение плодородия таких почв обеспечивается известкованием, внесением органических и минеральных удобрений. Регулирование минерального питания растений с использованием минеральных удобрений, особенно азотных, с целью повышения их эффективности, осуществляется дифференцированно по фазам развития культуры.

Большая часть сельскохозяйственных угодий на территории распространения подзолистых почв подвержена переувлажнению естественными осадками. Негатив усиливается еще и тем, что значительная часть атмосферных осадков в летний период при их интенсивном выпадении не аккумулируется в почве в виде продуктивных влагозапасов, а стекает в понижения, водоемы и водотоки, вызывая эрозионные процессы на пашне и создавая инфильтрационные потоки воды, обогащенной растворенными минеральными удобрениями.

Работы по повышению устойчивости структуры почвы и созданию комплексных медленно действующих удобрений были начаты еще в начале прошлого столетия. Применяются различные химические мелиоранты, удобрения-мелиоранты [6], которые в комплексе с агрохимическими мероприятиями способствуют повышению плодородия почв и урожаев возделываемых культур. Большое внимание уделяется получению и практическому применению различных искусственных структурообразователей, с помощью которых не только улучшают структуру почвы, но и вызывают активное развитие растений, что приводит к увеличению их урожайности.

Разработка технологий эффективного экологически безопасного применения удобрений-мелиорантов комплексного действия с медленным (многолет-

ним) высвобождением основных элементов минерального питания и прямого действия на структуру почвы, ее аэрированность и водоудерживающую способность становится задачей сегодняшнего дня.

Исследования по использованию высокомолекулярных пенопластов для целей улучшения и повышения плодородия почв начаты в 40-50 гг. XX века в Германии, применялись мочевиноформальдегидный (МФП), полиуретановый и другие пенопласты [1].

Известны сложные медленно действующие удобрения, полученные на основе мочевиноформальдегидных смол [2;3] и защищенные, например, патентами SU 1063801, 1983, или SU 1726467, 1992, или SU 4174957, 1979.

Состав и физико-химические свойства мочевиноформальдегидных соединений во многом зависят от условий конденсаций, прежде всего, от температуры и **pH** раствора. В кислой среде образуется монометилмочевина **CO-NH-CH<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>OH**, которая, выделяя воду, связывается мочевиной в метилендимочевину с нарастанием при дальнейшем взаимодействии метилен мочевиновых групп.

Под руководством Л.Д. Нагорного группой специалистов, включая и сотрудников ВНИИГиМ, создано вспененное карбамидоформальдегидное удобрение (ВКФУ). В состав высокомолекулярного полимера входят следующие компоненты: карбамидоформальдегидная смола, растительный дубильный экстракт коры хвойных пород, ортофосфорная и соляная кислота в качестве кислотного катализатора отверждения, поверхностно-активные вещества (ПАВ) – алкилбензолсульфо кислота и органические композиции. Все исходные компоненты комплексного удобрения гостированы и изготавливаются промышленностью.

В результате было получено комплексное удобрение в виде поропласта, которое функционально может использоваться как аэрант, сорбент, биостимулятор и комплексное удобрение с содержанием азота – до 34,2 %, фосфора – до 0,41, калия – 0,0018, магния – 0,005 %. В состав полимера могут включаться различные поверхностно-активные вещества, микробиологические и органические добавки и штаммы. Дополнительно удобрение может содержать микроэлементы: бор, железо, марганец, медь, молибден и др.

Плотность поропласта при влажности 8,3 % от массы не превышает 22,4 кг/м<sup>3</sup>. При содержании открытых пор 85-92 % он аккумулирует в себе доступную для растений влагу – до 2500-3000 % от массы.

В 2003 году были начаты исследования по разработке технологии применения нового вспененного карбамидоформальдегидного удобрения (ВКФУ) комплексного длительного действия при возделывании различных сельскохозяйственных культур в основных почвенно-климатических зонах России.

В Рязанской области исследования проводились на супесчаных подзолистых почвах. Были заложены вегетационные лабораторные опыты [4, 5] с томатами и полевые деляночные – с морковью. Эксперимент включал пять вариантов в 3-х кратной повторности с дозами внесения исследуемого вспененного карбамидоформальдегидного удобрения (ВКФУ): вариант I – 1/5, вариант II – 1/10, вариант III – 1/10 в виде «экрана» от объема сосуда или от объема мелио-

рируемого слоя почвы в полевом опыте; IV вариант – смесь ВКФУ+торф 1/10:1/10 (1:1) и V вариант – контроль.

В полевом эксперименте представлены следующие варианты: вариант I – 1/5, вариант II – 1/10, вариант III – 1/20, IV вариант – смесь ВКФУ+торф 1/10:1/10 (1:1) и V вариант – контроль.

Проведенные вегетационные опыты показали, что формирование и развитие биологической массы, а также корневой системы томатов интенсивнее всего происходит в почвенных субстратах с исследуемым удобрением ВКФУ. Наибольший эффект при внесении удобрения достигнут в варианте с дозой удобрения ВКФУ 1/10 «экран» – прирост биологической массы томатов к контролю составил 122,8 %. В вариантах I и II (внесение ВКФУ в чистом виде) прирост биологической массы по отношению к контролю, соответственно составил 93,6% и 89,9% (табл. 1).

Таблица 1. Формирование биологической массы томатов (г) под влиянием дозы ВКФУ и способа его внесения

Вариант	Доза удобрения	Биологическая масса по вариантам	
		г	% к контролю
I	1/5	246,85	93,6
II	1/10	242,15	89,9
III	1/10 «мелиоративный слой»	284,14	122,8
IV	Торф+ВКФУ – 1/10:1/10	158,12	24,0
V	Контроль	127,52	-

В полевых исследованиях наибольшая урожайность моркови наблюдалась в II и IV вариантах и была больше в сравнении с контрольным вариантом, соответственно на 103,9 и 134,0 % (табл. 2).

Таблица 2. Формирование урожая моркови в полевом опыте

Вариант	Доза удобрения	Продуктивность, кг/м <sup>2</sup>			Процент к контролю
		Общая масса	Масса ботвы	Масса корнеплодов	
I	1/5	1,70	0,40	1,30	26,2
II	1/10	3,00	0,90	2,10	103,9
III	1/20	3,20	1,12	2,08	101,9
IV	Торф+ВКФУ – 1/10:1/10	3,30	0,87	2,41	134,0
V	Контроль	1,80	0,43	1,03	-

Полученная продукция была проанализирована на пищевое качество. Результаты показали, что содержание в ней токсичных элементов (цинк, медь, свинец, кадмий, мышьяк, ртуть) и нитратов значительно меньше предельно допустимых норм (ПДН). Содержание в моркови каротина – высокое по отношению к контролю и установленным нормам. Содержание тяжелых металлов в томатах и моркови незначительное (табл. 3).

Таблица 3. Результаты определения состава и качества продукции

Вариант	Продукция	Влажность, %	Массовая доля в воздушно-сухом веществе продукции, %								Содержание, мг/кг нат. влажности	
			Азота	Протеина	Клетчатки	Зола	Жиры	БЭВ	Фосфора	Калия	Нитратов	Каротина
I	Томаты	94,5	3,31	20,69	8,99	6,22	2,48	61,62	0,59	2,11	24	-
II	-«-	94,7	2,93	18,31	8,03	6,42	2,54	70,33	0,54	2,40	86	-
III	-«-	93,6	2,60	16,25	8,76	6,48	2,62	65,89	0,55	2,54	22	-
IV	-«-	95,5	4,12	25,75	9,06	6,60	2,57	56,02	0,69	2,21	37	-
I	Морковь	85,39	1,05	6,56	8,00	4,26	3,84	68,58	0,28	1,30	12	138
II	-«-	84,33	0,90	5,63	8,40	4,58	3,13	69,65	0,32	1,71	13	95
III	-«-	88,82	0,96	6,00	9,40	4,54	3,55	67,84	0,30	1,58	9	88
IV	-«-	83,79	1,03	6,44	8,40	4,04	3,12	69,46	0,30	1,50	10	96
V	-«-	82,69	0,81	4,81	8,23	4,76	3,60	70,24	0,25	1,84	15	72

Предварительный анализ результатов экспериментальных исследований показал, что ВКФУ способствует уменьшению доз вносимых минеральных удобрений, восстановлению, повышению плодородия и водоудерживающей способности почвы, снижению поступлений в растения токсичных веществ (получена высококачественная экологически чистая продукция), повышению эффективности использования водных, энергетических и материальных ресурсов.

#### Литература

1. Кульман А. Искусственные структурообразователи почвы /Перевод с немецкого и предисловие Н.Г. Ракипова.-М.: Колос, 1982.-158 с.
2. Агрохимия /Под редакцией акад. В.М. Клечковского и проф. А.В. Петербургского.- М.: Колос, 1964.- 527с.- (Учебники и учеб. пособия для высших с.-х. учеб. заведений).
3. Агрохимия /Под ред. Б.А. Ягодина.- М.: Колос, 1982.- 574 с., - (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).
4. Методические указания для лабораторных работ по прикладной и частной экологии. – Р.: 1999.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос. 1973, 336 с.
6. Михайлина В.И. Применение полимеров в сельском хозяйстве. – ВНИИТЭИСХ. 1973.

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ АРИДНОЙ ЗОНЫ РОССИИ**

В.В. Мелихов, П.И. Кузнецов  
ВНИИОЗ, Волгоград, Россия

Орошение является важнейшим мероприятием в комплексе мелиоративных воздействий по защите посевов от негативного влияния погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур в аридной зоне страны. В настоящее время общая площадь орошаемых земель в Российской Федерации составляет 4533,4 тыс. га [1]. Это на 26 % ниже, чем в 1990 г. Половина из них находится в Южном Федеральном округе (ЮФО). В самом округе 80 % поливных угодий находится в 6-ти из 13-ти субъектах Российской Федерации; Волгоградской, Ростовской, Астраханской областях; Ставропольском и Краснодарском крае, а также в Республике Дагестан. Лидирующие места из них (табл. 1) занимают Ставропольский край (346,0 тыс. га), Республика Дагестан (384,7 тыс. га), Краснодарский край (394,8 тыс. га).

Половина оросительных систем в ЮФО (51,3 % на сумму 44679,8 млн. руб.) является собственностью государства и субъектов РФ сильно варьируя по регионам. В Астраханской области им принадлежит 5-ая часть поливных систем (19,4 %), в Ростовской области, Дагестане и Краснодарском крае – половина (соответственно 45,0; 52,8; 45,3 %), а на Ставрополье и в Волгоградской области – две трети (соответственно 72,1 и 78,6 %).

Имея значительную господдержку, техническое состояние оросительных систем юга России требует существенного обновления.

Протяженность оросительной сети в стране (табл. 2) составляет 187,39 тыс. га, значительно изменяясь на юге России от 7,1 в Волгоградской области до 23,7 тыс. км в Краснодарском крае.

Обеспеченность дренажем – тоже очень неравномерна. Самые низкие показатели – в Волгоградской области. Протяженность коллекторно-дренажной и водосборно-сбросной сети составляет 8,4 % от общей длины оросительной. Только 5,2 % площади орошаемых земель имеют дренажную систему. Область имеет самую большую протяженность трубопроводов, однако 41,3 % (как в стране и округе) нуждаются в замене.

Хотя протяженность дренажной сети в Астраханской области составляет 85,1 % от оросительной, только 36,7 % площади орошаемых земель (также как в ЮФО) обеспечено дренажем. При этом 38,1 % длины трубопроводов требует замены (табл. 2).

Краснодарский край, имеющий самую высокую обеспеченность дренажем по площади орошаемых сельскохозяйственных угодий и самую большую протяженность оросительной сети, занимает «лидирующую позицию» по необходимости замены трубопроводов.



Таблица 1. Мелиоративное состояние орошаемых земель в Южном Федеральном округе (на 01.01.2004 г.)

Основные водопотребители	Площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий			Из общей площади орошаемых земель						
	всего тыс. га	с дренажом		не поливалось						Поливалось, Тыс. га
		тыс. га	%	всего		из-за недостатка воды в источнике		из-за неисправности сети		
				тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	
Российская Федерация	4553,4	1015,6	22,3	2083,6	45,8	62,1	3,0	951,7	45,7	2469,8
Южный Федеральный округ	2267,5	809,8	35,7	721,7	31,8	16,3	2,3	168,2	23,3	1545,8
Волгоградская область	245,3	12,8	5,2	130,0	53,0	0	0	16,0	12,3	115,3
Ростовская область	263,7	135,3	51,3	81,0	30,7	0	0	0	0	182,7
Астраханская область	181,5	66,7	36,7	135,2	74,5	0	0	0	0	46,3
Республика Дагестан	384,7	111,2	28,9	0	0	0	0	0	0	384,7
Ставропольский край	346,0	166,3	48,1	130,0	37,6	0	0	50,5	38,8	216,0
Краснодарский край	394,8	270,5	68,5	148,2	37,5	15,2	10,3	51,7	34,9	246,6

Таблица 2. Техническое оснащение орошаемых земель в Южном Федеральном округе (на 01.01.2004 г.)

Основные водопотребители	Протяженность			Протяженность трубопроводов			Имеется в наличии			Нагрузка на одну дождевальную машину, га
	ороசி-тельной сети, тыс. км	коллекторно-дренажной и водосборно-сбросной сети		всего, км	нуждается в замене		гидротехнических сооружений, тыс. шт.	насосных станций, шт.	дождевальных машин, шт.	
		тыс. км	%		км	%				
Российская Федерация	187,39	127,72	68,2	78321,0	31272,7	40,0	821,17	8934	27631	89
Южный Федеральный округ	98,90	52,61	53,2	20290,3	7922,7	39,0	514,30	3241	7492	206
Волгоградская область	7,10	0,60	8,4	4461,2	1844,2	41,3	19,40	662	1928	60
Ростовская область	11,30	6,20	54,9	2559,3	570,2	22,3	74,00	316	984	186
Астраханская область	11,40	9,70	85,1	1473,7	561,0	38,1	101,50	976	1100	42
Республика Дагестан	18,60	8,40	45,2	2051,4	1065,0	51,9	30,40	35	60	6412
Ставропольский край	11,50	10,7	93,0	3719,10	1110,3	29,8	80,50	278	2029	106
Краснодарский край	23,70	12,40	52,3	3268,8	1934,5	59,2	159,40	514	473	521

Даже в Республике Дагестан, практикующей в основном поверхностные способы полива и на треть по площади обеспеченной дренажем, 51,9 % протяженности трубопроводов требуют обновления.

В настоящее время 45,8 % орошаемых земель по стране и 31,8 % по округу не поливаются.

Наиболее неблагоприятная обстановка наблюдается в Волгоградской и Астраханской областях, где без полива остаются от 53,0 до 74,5 % площади орошаемых сельскохозяйственных угодий. Основным лимитирующим фактором является неисправность поливной сети.

Нагрузка на дождевальную технику остается очень высокой. В целом по стране она составляет 89, а по округу 206 га на один поливной агрегат.

Только в Волгоградской и Астраханской областях, учитывая наличие рабочих дождевальных машин на реально орошаемых площадях, она близка к нормативной.

Тем не менее, следует отметить, что ресурсный потенциал орошаемых сельскохозяйственных угодий, несмотря на деградационные процессы, вызванные «перестройкой» в стране и обществе, остается достаточно значительным. В Российской Федерации на 1 км оросительной сети в среднем приходится 4,4 шт. гидротехнических сооружений, на юге страны – 5,2, а в самом округе (не считая Республики Дагестан) – от 8,9 до 2,7 шт. Одна насосная станция в России обеспечивает подачу оросительной воды на 21 км длины трубопроводов, в ЮФО – на 30,5, а в самом округе – от 46,1 до 10,4 км. Более двух трети площади поливных сельскохозяйственных угодий (за исключением Астраханской области и Республики Дагестан) незасолены, несолонцеваты, имеют хорошую оценку по уровню залегания грунтовых вод.

В связи с этим становится понятным целесообразность мелиоративной политики на современном этапе (указанной в «Концепции развития мелиорации сельскохозяйственных земель в России» [2], направленной в первую очередь на сохранение действующих гидромелиоративных систем и других видов мелиорации, восстановление их на новой, более совершенной технической основе. На 25% площади необходимо освоить научно обоснованные адаптивно-ландшафтные системы орошаемого земледелия, улучшить мелиоративное состояние земель и реконструировать оросительные системы на площади 1,7 млн. га, расширить площадь полезащитных лесонасаждений до 3,3 млн. га, мелиорировать часть солонцовых комплексов. Все это позволит поднять продуктивность поливных угодий до 4...5 тыс. корм. ед. с 1 га.

Эту Концепцию, утвержденную Президиумом Россельхозакадемии в январе 2004 г., необходимо как можно быстрее одобрить Минсельхозом России и довести до регионов с последующей разработкой программ по ее реализации. Без столь базового, основополагающего документа трудно с помощью мелио-

раций стабилизировать и развивать дальше АПК, как неотъемлемый элемент национальной безопасности страны.

#### Литература

1. Мелиоративное состояние орошаемых и осушенных сельскохозяйственных угодий и техническое состояние оросительных и осушительных систем по состоянию на 01.01.2004г. – Москва, 2004. – 35 с.
2. Концепция мелиораций сельскохозяйственных земель в России. – М.: Россельхозакадемия. ВНИИА, 2004. – 42 с.

УДК 631.67

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ВОДОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

В.А. Нагорный  
ФГНУ ВолжНИИГиМ, Энгельс, Россия

Как известно, вода является главным созидающим фактором в орошаемом земледелии. Одновременно она же является самым дорогостоящим ресурсом с экономической точки зрения и дефицитным – с социально-экологической. Так или иначе все затраты, производимые на проведение орошения, направлены на обеспечение сельскохозяйственных культур необходимым количеством влаги в оптимальные сроки с целью получения (в комплексе с проведением других приемов) максимальной продуктивности. При этом около половины затрат в себестоимости продукции составляют затраты, связанные с подачей воды.

Переход к рыночным отношениям изменил условия научного обеспечения агропромышленного комплекса Саратовской области. Возник спрос на научные разработки, обеспечивающие быструю окупаемость средств при их внедрении. В этом направлении институт и проводит экспериментальные и поисковые работы на орошаемых землях области.

Особенно большие затраты несут оросительные системы на подачу электроэнергии при работе насосных станций, что является накладным для хозяйств, использующих широкозахватную поливную технику. В связи с этим, в настоящее время в институте ведутся разработки, которые позволяют осуществить снижение напора в оросительной сети с 0,7 до 0,35 мПа. Перевод высоконапорных ДМ «Фрегат» на режим работы в условиях пониженного напора позволит экономить электроэнергию на 20 - 30 %. Годовой экономический эффект составит от этого 12-14 тыс. руб. на одну машину.

Проведенные испытания переоборудованных дождевальных машин в ОПХ ВолжНИИГиМ Энгельсского района, ОПХ «Декабрист», ОПХ «Красный боец» Ершовского района, ЗАО АФ «Волга», СХА «Михайловское» Марксовского района подтвердили их работоспособность. Это позволило в прошедшем году сэкономить на насосных станциях в этих хозяйствах 700 тыс. руб. и сократить количество порывов.

Предложена программа перевода 1000 ДМ «Фрегат» на низкий напор в областном масштабе, что позволит сэкономить электроэнергию на сумму 20 млн. руб., а с учетом сокращения (на 30 %) количества порывов закрытой оросительной сети - общий эффект будет еще значительнее.

Продолжены работы по переводу ДМ «Фрегат» на приповерхностное орошение, обеспечивающее снижение потерь воды на испарение и унос ветром с 15-20 % до 4-10 %. Экономический эффект от экономии оросительной воды и прибавки урожая сельхозкультур составляет 15-25 тыс. руб. на одну машину. При этом стоимость дополнительного оборудования окупается за год.

Технология приповерхностного орошения нашла свое применение в Казахстане, где также для летнего периода характерны интенсивный ветровой режим и высокие температуры воздуха, и для них в 2002 г. изготовлены 15 комплектов устройств приповерхностного дождевания для ДМ «Кубань-ЛК1» кругового действия. Устройства приповерхностного дождевания приближают дождевой факел к земле, позволяют экономить оросительную воду и повысить равномерность полива при ветре. Данная работа находит широкое применение в условиях Саратовской области.

Разработана эскизная конструкторская документация и на базе серийной ДМ «Фрегат» впервые создан опытный образец реверсивной ДМ «Фрегат», который успешно прошел испытания в ОПХ ВолжНИИГиМ и внедрен в совхозе «Ворошиловский» Тукаевского района Татарстана. Перевод машины на реверсивное движение осуществляется путем переоборудования привода тележек и системы регулирования скорости тележек; сохраняются технические характеристики базовой машины, как при прямом, так и при обратном движении. При использовании реверсивной ДМ «Фрегат» возможно возделывание под одной машиной нескольких сельскохозяйственных культур с различной кратностью поливов и различными биологическими особенностями культур, что позволит экономить поливную воду и получать высокие и стабильные урожаи.

Институт разработал опытный образец ДМ «Фрегат» фронтального действия, обеспечивающий повышение использования орошаемой площади, а также возможность использования оросительной сети на полях, предназначенных для полива ДМ «Волжанка» и «Днепр». При этом поливается вся площадь, без оставления углов, как это имеет место при поливе ДМ «Фрегат» кругового действия.

В мелиоративном комплексе в условиях рыночных отношений необходимо решить проблему платы за поливную воду. В связи с этим возникает необходимость разработки и внедрения водоучитывающих приборов, способных обеспечить водоучет на оросительных системах.

Используемый в настоящее время метод учета расхода воды на напорных трубопроводах насосных станций по производительности насосных агрегатов дает погрешности. Поэтому институтом разрабатывается прибор водоучета нового поколения. Точность измерения расхода воды составляет 1,5 %, а диаметры контролируемых трубопроводов от 0,3 до 2 м. В настоящее время прорабатывается вопрос снижения стоимости данного прибора, и проводятся подготовительные работы по его аттестации.

В институте разработаны и широко внедряются на ДМ «Фрегат» полимерные дефлекторные насадки, которые отличаются высокой надежностью в работе в результате отсутствия вращающихся деталей. Дефлекторные насадки формируют мелкокапельный дождь, а высота дождевого облака снижается до 3 м вместо 5-7 м у серийных аппаратов, при этом уменьшается снос ветром капель дождя. Стоимость дефлекторных насадок в 8 раз ниже стоимости серийных дождевальными аппаратами, и они пользуются достаточно широким спросом в орошаемых хозяйствах области.

Качество полива дождевальных машин и энергетические затраты насосных станций зависят от степени засоренности оросительной воды. В Саратовской области общая протяженность магистральных каналов составляет 1002 км. По мере удаления от головного водозабора происходит засорение оросительной воды растительными остатками, прогрев и зарастание водорослями. Все это вызывает засорение сороочистных решеток на водозаборе и на всасывающих линиях, что приводит к снижению производительности насосных станций. Удельная годовая подача насосных станций, расположенных в середине оросительной системы (ОС), снижается на 27%, а на тупиковых насосных станциях в конце ОС - на 38% по сравнению с расположенными в начале.

Для повышения эффективности работы насосных станций и дождевальных машин разработаны и внедрены на Энгельсской и Комсомольской ОС сороочистные устройства транспортерного типа с ручным и электрическим приводом. Данное устройство включает сороочистную решетку, устанавливаемую на водозаборе насосной станции. Внедрение сороочистных устройств повышает надежность и производительность работы насосных агрегатов, снижает потребление электроэнергии на подачу оросительной воды.

Основой эффективного ведения орошаемого земледелия является водосбережение и продуктивное использование оросительной воды. Институт на протяжении многих лет занимается разработкой ресурсосберегающих технологий возделываемых культур.

В целях нормирования и экономии водных ресурсов в период вегетации, в соответствии с потребностью культур во влаге в различные периоды их роста и развития, разрабатываются экологически безопасные дифференцированные поливные режимы основных сельскохозяйственных культур.

Применение на посевах сельскохозяйственных культур невысоких норм полива на гумусированных почвах тяжелого гранулометрического состава – в пределах 250 – 350 м<sup>3</sup>/га в начале вегетации и не более 350 – 400 м<sup>3</sup>/га в середине периода значительно сокращает поверхностный сток и уменьшает вероятность перераспределения влаги в пониженные элементы рельефа (служащие источником питания грунтовых вод при длительном орошении).

Дифференциация режима орошения исключает водоемкие влагозарядочные поливы на черноземных почвах, а при необходимости (в засушливый период) происходит замена их на предпосевные поливы невысокой нормой – под поздние яровые культуры и озимую пшеницу.

Дифференциация поливов и поддержание необходимой предполивной влажности в активном слое почвы обеспечивает оптимальную влагообеспечен-

ность растений и позволяет экономить до 500 м<sup>3</sup> воды на гектаре без снижения уровня урожайности с.-х. культур.

Для оптимизации режима орошения в институте разработана система автоматизированного управления процессом полива культур с почвенным датчиком влажности. Данная разработка позволяет определить влажность почвы и автоматически подавать команду на пуск и остановку ДМ «Фрегат» без участия оператора в зависимости от уровня влагозапасов в почве.

Внедрение в производство экологически безопасных низкочастотных технологий полива позволит существенно поднять эффективность орошения и получать дешевую и качественную продукцию.

УДК 631.4

## **МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ**

А.Н. Николаенко

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Из всего многообразия химических элементов для мелиорации, почвоведения и растениеводства значительный интерес представляют те из них, которые принимают участие в важных биологических процессах и реакциях в растительных и живых организмах, и используются ими в незначительных количествах. К ним относятся такие элементы как цинк, медь, кобальт, молибден, марганец, бор и ряд других, биологическая роль которых в настоящее время еще надежно не идентифицирована. Изучение физиологической роли микроэлементов продолжается многие годы и началось довольно давно. Так в 1869 г. появились первые данные для цинка, в 1917 г. - для меди, в 1935 г. - для кобальта, в 1942 г. - для молибдена.

Значение микроэлементов для организма определяется тем, что они входят в состав ферментов, витаминов, гормонов и других физиологически активных соединений. Под влиянием микроэлементов увеличивается содержание хлорофилла в листьях, улучшается процесс фотосинтеза, усиливается ассимилирующая деятельность всего растения.

Цинк входит в состав карбоангидразы, катализирующей одну из важнейших реакций процесса дыхания. Принимает непосредственное участие в синтезе хлорофилла и оказывает влияние на углеводный обмен в растениях. Скорость различных окислительно-восстановительных реакций зависит от содержания цинка в растениях. Об участии его в этих процессах свидетельствует повышение содержания аскорбиновой кислоты. Микроэлемент цинк усиливает биосинтез нуклеиновых кислот и влияет на активность ферментов нуклеинового обмена. При недостатке цинка нарушается синтез витаминов В1 и В6, в тканях растений накапливаются азотные соединения, что снижает образования белка. При слабой обеспеченности цинком, растения начинают страдать от неблагоприятных условий внешней среды. Установлено специфическое значение цинка как активатора стимуляторов роста - ауксинов.

Медь принимает участие в фотосинтезе и входит в состав ферментов, влияет на биосинтез хлорофилла. Медь в растениях содержится преимущественно в органической форме как составная часть ферментов. Входя в состав окислительно-восстановительных ферментов, участвует в процессах дыхания и азотного обмена, повышает биосинтез аминокислот и фиксацию молекулярного азота. Имеются данные об участии меди в белковом и углеводном обмене. При недостатке меди снижается активность окислительно-восстановительных процессов в растениях, задерживается рост и развитие, снижается урожай и растения поражаются так называемой болезнью экзантемой. Внесение меди повышает устойчивость растений к грибковым заболеваниям, снижает поражаемость зерновых культур головнями.

Кобальт повышает содержание витаминов С и В<sub>12</sub>, играет значительную роль в жизнедеятельности клубеньковых бактерий. Кобальт положительно влияет на процесс позеленения растений, вместе с цинком и медью повышает устойчивость хлорофилла, обуславливает преобладание процесса синтеза над процессом разрушения каротина. Предполагают его участие в энергетическом обмене, обнаружено влияние кобальта на засухоустойчивость.

Основная биохимическая роль молибдена состоит в его участии в ферментативных окислительно-восстановительных процессах, связанных с фиксацией молекулярного азота бобовыми культурами, восстановлением и ассимиляцией нитратов, синтезом белков и ферментов в растениях. Под влиянием молибдена увеличивается содержание хлорофилла, повышается синтез витаминов. Недостаток молибдена приводит к нарушению обмена веществ: ухудшается азотный обмен, снижается синтез белков, редуция нитратов.

Бор участвует в синтезе белков и углеводов, углеводном обмене веществ в растениях, необходим им в течение всего вегетационного периода. При недостатке бора нарушается рост и развитие органов плодоношения.

Марганец - постоянная составная часть растительных организмов (0,001-0,0001 %), регулирует активность ряда ферментов, влияет на минеральное питание растений, участвует в процессах дыхания и фотосинтеза, в биосинтезе нуклеиновых кислот. Недостаток этого микроэлемента у растений вызывает хлороз (яблоня, цитрусовые), пятнистость (злаки), ожоги (картофель, ячмень).

Микроэлементы с одной стороны являются катализаторами биосинтетических процессов в растительных и живых организмах, а с другой – могут быть потенциальными загрязнителями окружающей среды. Положительное или отрицательное воздействие микроэлемента на растительные и живые организмы определяется величиной его содержания (концентрацией) в воздухе, почве или в воде. Изучение химического поведения микроэлементов и их воздействие на отдельные составляющие окружающей среды представляет не только научный, но и практический интерес.

Под микроэлементным режимом почв будем понимать динамику общего содержания и соотношения концентраций различных химических форм микроэлементов в жидкой, твердой и сорбированной фазах почвы под воздействием совокупности экологических, климатических и физико-химических условий. Соотношение концентраций химических форм микроэлементов и их трансфор-



мация в почвенных и водных объектах определяют воздействие на растительные и живые организмы. В таблице 1 приведены обобщенные данные разных авторов по распределению микроэлементов в различных фазах почв. В последнем столбце таблицы приведены значения суммарных концентраций микроэлементов в поверхностном слое почвы, считающиеся предельными в отношении фитотоксичности.

Таблица 1. Интервалы содержания микроэлементов в различных фазах почв (данные разных авторов)

Микроэлемент	Содержание в фазах			ПДК (мг/кг)
	твердая (мг/кг)	сорбированная (мкг/кг)	жидкая (мкг/л)	
Zn	17 - 192	16 – 70	4 - 270	350
Cu	2 - 100	0,064 – 64	3 - 135	80
Co	1 - 60	3 – 60	0,3 - 87	50
Mo	0,013 - 17	1 - 5 % от ПДК (отриц. адсорбц.)	1,9 - 7,7	8
Mn	10 - 9000	-	25 - 2200	2250

Начальный этап изучения микроэлементного режима необходимо начинать с анализа общего содержания микроэлементов в почве, проводимого, как правило, спектральными методами. Результаты анализа сопоставляются с некоторой средней распространенностью элемента, называемой кларком. В таблице 2 приведены кларки основных микроэлементов в различных геологических формациях.

Таблица 2. Средняя распространенность микроэлементов в различных геологических формациях, мг/кг [3]

Элемент	Почва	Земная кора	Отложения	Вода морей и океанов
Цинк	50	125	80	$10^{-2}$
Медь	20	75	57	$3 * 10^{-3}$
Марганец	850	975	760	$2 * 10^{-3}$
Кобальт	10	35	22	$5 * 10^{-3}$
Молибден	2,5	2,3	2	-
Бор	10	10	56	4.6

Приведенные в табл. 2 данные распространения микроэлементов в почвах являются данными глобального усреднения и относятся к общему содержанию микроэлементов гипотетической почвы, находящейся в ней как в подвижной, так и в не подвижной форме. Значительное отклонение от среднего указывает

на существенную вероятность недостатка либо избытка определенного микроэлемента в водных или почвенных объектах. В таблице 3 приведены градации общего содержания в почвах, основанные на данных разных авторов.

Таблица 3. Градации общего содержания микроэлементов в почвах

Элемент	Содержание в почвах, мг/кг				
	Среднее взвешенное	Интервал	Недостаточное	Нормальное	Избыточное
Цинк	50	4–400	<20	30–125	>300
Медь	20	1–100	1–6	6–60	60–100
Марганец	850	10–9000	<100	200–800	>1500
Кобальт	10	0,5–100	<5	5–40	35–50
Молибден	2,5	0,2–15	0,3–0,8	1–4	4–10
Бор	10	1–270	<5	13–45	30–100

Что касается марганца, наиболее распространенным из микроэлементов, то его содержание не характеризует тип почв и можно указать лишь интервал встречаемых значений (табл. 3). Уровень содержания микроэлементов в пределах одного типа почв очевидно определяется балансом поступления, значительная составляющая которого приходится на техногенные процессы, и выноса, контролируемого протеканием физико-химических процессов растворения, осаждения и сорбции и зависящего от условий среды, в которых эти процессы протекают с участием растений. Значительный привнос микроэлементов может наблюдаться на орошаемых почвах при их поступлении с оросительной водой [2].

В различных типах почв встречающиеся значения содержания микроэлементов могут перекрываться. Несмотря на это, средневзвешенные значения содержания микроэлементов в них могут служить характеристикой этих почв (табл.4). Это характерно для таких микроэлементов как цинк, медь, кобальт и молибден.

Однако для растительных и живых организмов существенное влияние оказывают подвижные формы микроэлементов. Соотношение подвижных и неподвижных форм микроэлементов определяется совокупностью физико-химических условий, наиболее значимые из которых электродный потенциал и рН почвенной среды [1].

Таблица 4. Распределение микроэлементов в основных типах почв  
(данные различных авторов)

Тип почвы	Содержание микроэлементов, мг/кг (числитель - средневзвешенное значение, знаменатель - интервал встречаемых значений)			
	Zn	Cu	Co	Mo
Подзол и песчаные	$\frac{31}{3,5-57}$	$\frac{11}{1,5-29}$	5,9	$\frac{1,5}{0,3-29}$
Лессовые и пылевидные	$\frac{48}{40-55}$	$\frac{12}{4-21}$	$\frac{2,9}{2,3-3,8}$	$\frac{2,2}{1,8-3,3}$
Суглинки и глины	$\frac{35}{9-77}$	$\frac{15}{7-23}$	-	$\frac{2,0}{0,6-4,0}$
Каштановые и бурые	$\frac{43}{33-54}$	$\frac{25,5}{14-44,5}$	-	$\frac{1,3}{0,4-2,8}$
Солончаки и солонцы	$\frac{100}{44-155}$	$\frac{19}{9-37}$	$\frac{10,4}{9-14}$	$\frac{2,4}{0,9-5,7}$
Черноземы	$\frac{57}{39-82}$	$\frac{27,5}{16-70}$	$\frac{12}{0,5-50}$	$\frac{2,6}{1,6-4,6}$
Торфяные	$\frac{34}{8-84}$	$\frac{6}{1-11}$	-	$\frac{1,2}{0,3-1,9}$

#### Литература

1. Николаенко А.Н. Тяжелые металлы и микроэлементы в природных и техногенных процессах. Алматы, «Алем», 2002. – 109с.
2. Николаенко А.Н. Тяжелые металлы в природных водоемностях. //Мелиорация и водное хозяйство, 2002, №5, с. 37-38.
3. Химия окружающей среды. М., «Химия», 1982. – 672с.

УДК 631.347

### **ПОВЫШЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН ДДА-100МА И ДДН-70**

Г.В. Ольгаренко, С.М. Давшан, С.С. Савушкин  
ФГНУ ВНИИ "Радуга", Коломна, Россия

В настоящее время из-за недостаточного обновления продолжается сокращение общего парка поливной техники. Срок эксплуатации большинства дождевальнх машин превысил нормативный срок службы. Поэтому наряду с налаживанием производства новой и модернизированной поливной техники и оборудования предстоит организовать работы по восстановлению машин, в том числе отработавших нормативный срок службы.

Двухконсольные дождевальные агрегаты типа ДДА-100МА и дальнеструйные дождеватели ДДН-70 нашли широкое применение при заборе воды из открытой оросительной сети во всех зонах орошаемого земледелия для полива сельскохозяйственных культур, в основном овощных.

Удельный вес дождевальных машин ДДА-100МА в последние годы остается на уровне 15 % от общего числа дождевальных машин, что говорит о возможном их востребовании и в дальнейшем. В то же время количество исправных машин насчитывается не более 50-60 %, с истекшим нормативным сроком службы (8 лет) – до 70 %, а списывается не более 10 % от наличия машин. По другим данным за пределами нормативных сроков службы (до 13 и более лет) эксплуатируется до 90 % наличного парка машин.

Общая тенденция уменьшения поливной техники в последние годы коснулась и дождевателей ДДН-70. В настоящее время их насчитывается не более 2 тыс. шт. При этом только около половины их исправны, причем до 70 % - устаревших, т.е. оставленных в эксплуатации, несмотря на выработанный нормативный (8 лет) срок службы. Списание их идет темпами ниже необходимого (около 8-10 %) для замены стареющего парка. Это объясняется нехваткой средств для покупки новых машин.

В настоящее время всех видов дождевальных машин в РФ осталось не более 23,5 тыс. шт. (против почти 70 тыс. шт. в 1990 году), в том числе машин типа ДДА-100МА – около 3,5 тыс. (против 7 тыс. шт. в 1996 году) и ДДН-70 – около 5 тыс.шт. При этом к началу 2005 года они практически все должны быть описаны и заменены новыми. Если оставить в эксплуатации примерно 60-65 % таких машин, они должны быть подвергнуты капитальному ремонту (приблизительно по 600-700 шт. в год). Обойдется такой ремонт порядка 50 тыс. руб. на одну машину ДДА-100МА и 40 тыс.руб. на ДДН-70 в год.

Любой ремонт сопровождается заменой отказавших или выработавших свой ресурс деталей и узлов на новые. При этом не исключается применение в качестве запасных частей деталей со списанной техники для вторичного использования в случае достаточного оставшегося ресурса, что обеспечивает наиболее полное их использование, удешевляет ремонт.

Возможность использования ресурса большого числа элементов в конструкции ДДА-100МА и ДДН-70 подтверждается оценкой ремонтпригодности этих машин. Так, например, коэффициент унификации 0,45 показывает, что до 45 % использованных в этой машине деталей являются одинакового с другими машинами функционального назначения, что сокращает число типоразмеров, упрощает ремонт, уменьшает количество требуемых запасных частей. Коэффициент применяемости 0,48 вместе с коэффициентом унификации и конструктивной приемственности 0,46 указывает на достаточно высокий уровень стандартизации, что позволяет организовать восстановление отказавших узлов, особенно на специализированных ремонтных участках, в том числе и в ремонтных мастерских, оснащенных соответствующим оборудованием и значительно повысить качество ремонта.

Анализ неисправностей дождевальных машин ДДА-100МА и ДДН-70 по результатам наблюдений в различных регионах страны показывает, что наи-

большее число отказов приходится на всасывающую линию (15-9 %), гидромеханическую часть (насос с приводом, гидросистему, систему управления, дождеобразующие устройства (до 60 %) (табл. 1).

Таблица 1. Распределение отказов основных частей дождевальных машин ДДА-100МА и ДДН-70

Составные части машины	Отказы к общему числу по машине, %	
	ДДА-100МА	ДДН-70
Всасывающая линия	14,8	9,1
Насос с приводом	24,1	42,2
Ферма	3,7	-
Насадки, дождевальная аппаратура с механизмом поворота ствола	12,0	48,7
Гидросистема, вакуум-аппарат и другие узлы	45,4	-

В отличие от всасывающих труб, всасывающего клапана, рамы, при восстановлении которых используется в основном сварочное оборудование, ремонт насоса, дождевателей, гидросистемы производится главным образом путем замены изношенных и поломанных деталей на реставрированные, а чаще закупленные новые.

Если, например, кольца защитные в корпусе насоса без ухудшения характеристик насоса служат в среднем 1600 ч, то их необходимо заменить как минимум дважды за нормативный срок службы. Аналогично можно ориентировочно рассчитать необходимое количество запчастей при других значениях срока службы деталей и сезонной загрузке машины.

Очевидно, сборочные единицы вышеуказанных частей машин и будут составлять основную массу запасных частей, необходимых для восстановления работоспособности машин, в том числе отслуживших нормативный срок службы или близких по техническому состоянию и возрасту к этому сроку.

Некоторые сведения о долговечности отдельных частей машин при различной сезонной ее загрузки (400, 600 и 800 ч) приводятся в таблицах 2 и 3.

На практике владелец машины может ориентировочно определить, когда следует заменить тот или иной узел или деталь, зная средний срок их службы и ведя учет наработки машины по годам использования.

Например, периодичность замены частей машины, имеющих срок службы 3200 ч, составляет 8,5 лет и 4 года в соответствии с годовой загрузкой 400, 600 или 800 часов.

Это дает определенное представление об объеме предстоящего ремонта и соответствующей закупке запасных частей.

Наряду с дождевальными машинами ДДА-100МА, выпускаемыми на Украине (г Херсон) и еще находящимися в хозяйствах, объединение ОАО "Ортех"

(г. Волгоград) освоило выпуск аналогичных машин под маркой ДДА-100ВХ, а позднее – ДДА-100В и ДД-70ВН.

Таблица 2. Продолжительность эксплуатации до замены некоторых узлов и деталей при ремонте ДДА-100МА

Составные части машины и штатное их количество (шт.)	Срок службы частей машины, ч	Продолжительность эксплуатации (лет) при сезонной загрузке (ч)		
		400	600	800
<b>Всасывающая линия</b>				
Манжета (2)	1300	3	2	1,5
Рукав (1)	2800	7	4,5	3,5
Сетка клапана плавучего (1), труба (2), колено (3), патрубков (2)	3200	8	5	4
<b>Насос с приводом</b>				
Кольцо защитное (2)	1800	4,5	3	2
Втулка (3), вал насоса (1)	2400	6	4	3
Манжета (1)	3000	7,5	5	3,5
Колесо рабочее (1), вилка (1), муфта (1), кольцо (1)	3200	8	5	4
Шарикоподшипник (9), роликподшипник (2)	5000	12,5	8	6
Корпус в сборе (1), крышка (1), рычаг вилки (1)	6000	15	10	7,5
<b>Водопроводящий пояс</b>				
Рукав (2), труба открыва-ка (52), короткоструйная насадка (52)	3200	8	5	4
<b>Система управления</b>				
Кольцо (14), манжета (17)	2800	7	4,5	3,5
Детали эжектора	3000	7,5	5	3,5
Рукав (1), манометр (1), вакуумметр (1)	3200	8	5	4
Гидроцилиндр (5)	3600	9	6	4,5

Подробный перечень выпускаемых для этих машин запасных частей, кроме инструкций по эксплуатации, приводятся в нормативных документах ОАО "Ортех" и в разработках ВНИИ "Радуга".

Таблица 3. Продолжительность эксплуатации до замены основных узлов и деталей при ремонте ДДН-70.

Составные части машины и штатное их количество (шт.)	Срок службы частей машины, ч	Продолжительность эксплуатации (лет) при сезонной загрузке (ч)		
		400	600	800
<b>Всасывающая линия</b>				
Манжета 180x210(4)	2800	7	4,5	3,5
Трубопровод (1), колено (1), сетка (1), трос лебедки (1), пружина (2)	3200	8	5	4
<b>Насос-редуктор</b>				
Набивка сальниковая (1)	400	1	0,7	0,5
Втулка защитная (1), кольцо защитное корпуса (2)	1600	4	2,7	2
Колесо рабочее (1)	2200	5,5	3,7	2,8
Манжета (2)	2800	7	4,5	3,5
Втулка сальника (1)	3200	8	5	4
Вал насоса (1)	3500	8,5	6	4,5
Шарикоподшипник (4)	5000	12,5	8	6
<b>Дождевальная машина с механизмом поворота ствола</b>				
Манжета (2)	2800	7	4,5	3,5
Ползушка (1), упор (1), собачка храпового колеса (1)	3200	8	5	4
Пружина собачки (1)	4000	10	7	5
Шарикоподшипник (2)	5000	12,5	8	6
Сепаратор (1)	6600	16	11	8
Колесо червячное (1)	7200	18	12	9
<b>Система залива насоса</b>				
Рукав (2)	3200	8	5	4

Приведенные данные могут быть использованы при организации восстановительных ремонтов после обследования технического состояния каждой конкретной машины.

Ресурс восстановленной, например, при капитальном ремонте, машины может достигать 80-90 %, а обходится такой ремонт как минимум в 2-3 раза дешевле, чем приобретение новой. Это делает ремонт технически и экономически целесообразным.

Возвращенные в строй дождевальные машины ДДА-100МА и ДДН-70 позволяют орошать в Российской Федерации не менее 200 тыс. га.

## **АГРОТЕХНИКА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОГУРЦА В ПЛЕНОЧНЫХ ТЕПЛИЦАХ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ**

А.П. Разумов

Волгоградский КО ВНИИГиМ, Волгоград, Россия

В практике орошаемого земледелия в последние годы большое значение придается применению экологически безопасной технологии и технических средств полива. В ведущих странах мира при орошении сельскохозяйственных культур все большее предпочтение отдается таким способам, которые позволяют обеспечивать водой их в соответствии с водопотреблением. К ним относятся все способы малообъемного орошения, в том числе и капельное. Этот способ позволяет в течение вегетационного периода поддерживать в почве оптимальный водно-воздушный режим и получать экономически оправданные высокие урожаи сельскохозяйственных культур.

В агроклиматических условиях Волгоградской области возделывание сельскохозяйственных культур с высокой реализацией их продуктивности возможно только в условиях орошения. Однако при постоянно возрастающем дефиците пресной воды дальнейшее расширение площади поливных земель и повышение эффективности орошаемого земледелия возможны только на основе внедрения новых водосберегающих методов и технологий орошения. Внедрение в сельскохозяйственное производство ресурсосберегающей и экологически обоснованной технологии капельного орошения, позволяющей повысить продуктивность поливного гектара при эффективном использовании оросительной воды является одной из приоритетных задач орошаемого земледелия области.

Волгоградская область является одним из самых крупных производителей овощной продукции в Южном Федеральном округе Российской Федерации. Огурец традиционно пользуется повышенным спросом населения и перерабатывающей промышленности, благодаря отличным вкусовым качествам плодов, выращенных в специфических агроклиматических условиях региона. В современных экономических условиях очень важно получать раннюю продукцию, чтобы обеспечить достаточную рентабельность производства огурца, заинтересовать товаропроизводителей в освоении наукоемких технологий.

В исследованиях по обоснованию режима капельного орошения и системы применения удобрений в весенних пленочных теплицах использовали гетерозисный гибрид огурца Маша F<sub>1</sub> как самый ранний из существующих партенокарпических гибридов огурца-корнишона.

Важное значение имеет выращивание рассады, в основном в горшочках, что позволяет нам получить более раннюю продукцию, экономно использовать посевной материал, лучше защитить растения на первых стадиях развития. В пленочные теплицы 25-дневную рассаду (3-4 листа) высаживали в апреле при температуре почвы выше 16<sup>0</sup>. Для выращивания рассады использовали стандартные торфяные горшочки диаметром 8 см. В питательную смесь состоящую



из перегноя, торфа, дерновой земли добавляли аммиачную селитру, суперфосфат и сульфат калия. Так как использовали семена фирмы «СЕМИНИС В.С.», которые проходят необходимую предпосевную обработку в Голландии, поэтому никакой другой предпосевной обработки не было. После посева и до появления всходов температуру в теплице поддерживали в пределах 25-28<sup>0</sup>С. С массовым появлением всходов ее понижали до 18-20<sup>0</sup> днем, а ночью не ниже 15<sup>0</sup>С. Уход за рассадой заключается в проведении умеренных поливов и своевременной вентиляции теплицы. Очень важно не допускать резкого снижения температуры воздуха и почвы ночью, что отразится на качестве посадочного материала. Перед высадкой в пленочные теплицы рассада должна быть хорошо закалена.

Почву для посадки готовили заблаговременно. Учитывая, что корневая система у изучаемого гибрида хорошо развита, вдоль будущих рядов формировали небольшие гряды с внесением минеральных удобрений и навоза. Высота гряд 12-15 см. Расстояние между растениями в ряду 35 см. Обычно на 100 м<sup>2</sup> приходится 250 растений. Между рядами на расстоянии 20 см от высаженной рассады укладывали капельные линии. Расстояние между капельными линиями 1,4 м.

Большое внимание уделяется формированию куста в один стебель с боковыми пасынками. Когда растения образуют 6-7 узлов, проводили ослепление нижней части стебля: на первых 5 узлах полностью удаляли плоды и пасынки, оставляя основной стебель, а на последующих 3-4 узлах пасынки прищипывали, но оставляли по одному плоду на каждом узле. Этот прием способствует укреплению молодых растений и получению высокого раннего урожая. После этого на 4-5 узлах оставляем все плоды и прищипываем пасынки над первым листом. Дальше пасынки прищипывали над 2-3 листом, в зависимости от загущенности. После того, как центральный стебель Маши F<sub>1</sub> достигает вершины шпалеры, его направляем вдоль ряда и на расстоянии 0,7 м направляем вниз. Центральный стебель прищипываем на расстоянии 0,9-1,0 м от земли. По мере старения удаляем нижние листья, которые начинают желтеть или сильно загущают посадку. Проведение этого приема улучшает вентиляцию теплицы, способствует предотвращению заболеваемости растений.

Растения огурца имеют мощную корневую систему, поэтому хорошо отзываются на локальное внесение через систему капельного орошения минеральных удобрений. Обычно после первых двух сборов растения подкармливали азотно-калийными удобрениями. Подкормки повторяли через каждые 10-12 дней.

Уход за растениями состоит в защите огурца от корневой и стеблевой гнили в стадии рассады, для чего использовали фунгицид системного действия превикур. Для этого почву поливали 0,15% раствором превикура (2-4 л раствора на 1 м<sup>2</sup>). После высадки рассады в пленочную теплицу защиту осуществляли с помощью препарата татту – смеси системного и контактного фунгицида. Для эффективной защиты опрыскивания проводили до плодоношения (учитывая период ожидания) систематически через 8-12 дней. При необходимости защиты посевов от клеща применяли фитоверм.

УДК 631.67

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ В ОРОШАЕМЫХ ТЕПЛИЦАХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

А. И. Рязанцев, В. А. Борисов, Ф.А. Гусаков  
ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна, Россия

Получение высоких урожаев капусты белокочанной невозможно без выращивания высококачественной рассады. Существуют различные способы выращивания рассады. Однако основных из них два - это горшечный и безгоршечный.

Как разновидность горшечного способа в настоящее время широкое распространение получило производство рассады в кассетах. Выращивание рассады в ячеистых кассетах – высокоэффективный, перспективный способ её получения. Этот способ позволяет:

- значительно увеличить выход рассады с единицы площади (до 750 шт./м<sup>2</sup>);
- сократить расход семян и субстрата по сравнению базовым способом в 2,5-3,0 раза;
- получить более выровненную рассаду 100%-ой приживаемости;
- оперативно и эффективно в любой период вегетации рассады влиять на её рост и развитие;
- высокое качество кассетной рассады обеспечивает выравненность растений в поле;
- значительно повысить культуру производства и улучшить условия труда в защищенном грунте.

Одним из сдерживающих факторов распространения кассетной технологии является отсутствие в теплицах мелкодисперсного, равномерного полива. При наличии оборудования для такого полива через него легко контролировать режим питания рассады, внося с водой необходимые внекорневые подкормки, различные микроэлементы, биопрепараты. Необходимо отметить, что при совершенствовании технологии выращивания рассады на уширенных грядах (безгоршечный способ) качественный полив так же необходим, так как применяемые в этом случае почвенные гербициды на сухой почве теряют свою активность и их эффективность падает.

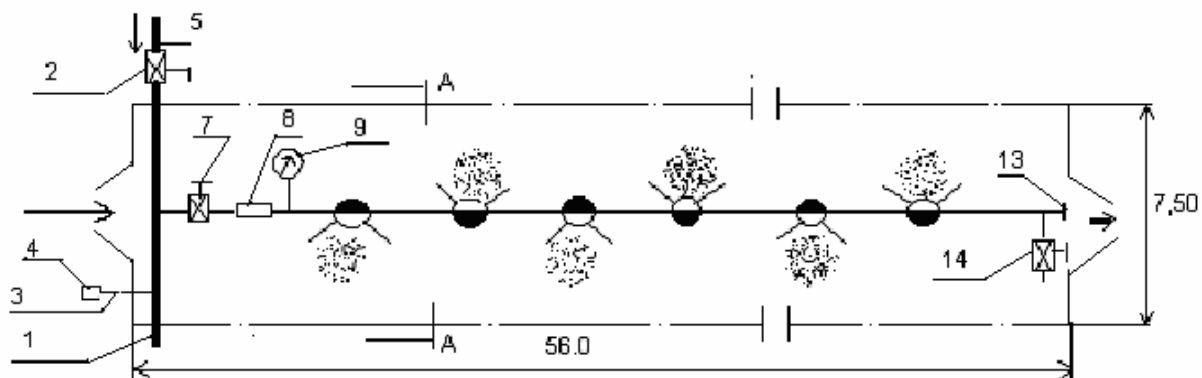
В практике сельскохозяйственного производства получили широкое распространение плёночные (весенние) теплицы как для выращивания товарной продукции, так и для производства рассады овощных культур. Для полива теплицы оборудовались стационарными двухтрубными дождевальными системами, на которых в качестве дождеобразующих устройств используются огородные дождеватели РВО-8. Анализ работы дождевальных систем с РВО-8 показывает, что при поливе создаётся многоструйная крупнокапельная структура

дождя со средним диаметром капель более 1 мм (максимальный диаметр капель больше 2 мм), которая обладает высокой ударной энергией воздействия на почву, разрушает почвенную смесь в кассетах и вымывает её вместе с семенами и всходами. Распределение дождя характеризуется резкой неравномерностью по радиусу полива, а расположение этих дождеобразующих устройств на оросительных трубопроводах приводит к постоянному увлажнению конструктивных элементов каркаса теплицы, которые превращаются в концентраторы образования крупных капель диаметром до 4...5мм и к их струйному стеканию. При использовании таких систем в ГУП ПНО «Пойма» (Луховицкий р-он, Московской области) на поливе рассады капусты в кассетах товарный выход рассады не превышал 30...40%.

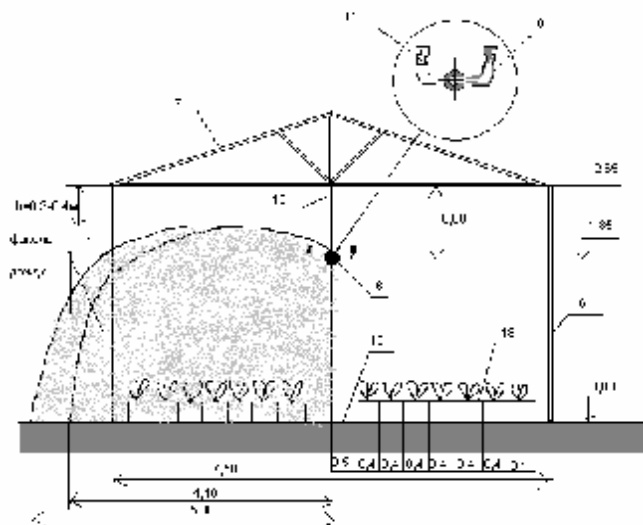
Учёными Всероссийского научно-исследовательского института систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» и специалистами хозяйства ГУП ПНО «Пойма» разработана и успешно апробирована однотрубная дождевальная система (рис. 1.) с использованием в качестве дождеобразующих устройств короткоструйных энергосберегающих дефлекторных дождевальных насадок секторного действия. Эта система работает три сезона в одногектарной теплице тепличного комплекса ГУП ПНО «Пойма» при выращивании рассады капусты в кассетах и используется во втором обороте для полива овощных культур и при проведении селекционной работы по выращиванию безвирусного картофеля.

Модернизированная дождевальная система секции теплицы (17) с кассетами (18) для выращивания рассады капусты включает смонтированную под её крышей оросительную сеть, состоящую из магистрального трубопровода (1) и присоединенного к нему распределительного оросителя (6), подвешенного в середине теплицы посредством тросовой системы (15). На ней установлены вертикально с помощью переходников малоинтенсивные дефлекторные насадки секторного действия (11) с попеременно чередующимися направлениями факелов дождя в ту или иную сторону от оросителя (см. рисунок). Дождевальная система работает следующим образом. Вода по магистральному трубопроводу (1) оросительной сети, смонтированной под крышей теплицы (17), поступает в подвешенный в её середине посредством тросовой системы (15) распределительный ороситель (6), откуда она в виде мелкодисперсного дождя через переходники и чередующиеся по направлению сектора действия дефлекторной насадки (11) подаётся для орошения кассет (18) в правой и левой частях теплицы (16) без образования стока воды с оросителями (6) и его сброса на поливаемую под ним площадь.

Для обеспечения надёжной и качественной работы дождевальной системы её распределительный ороситель оборудуется магнитным фильтром (8) и манометром (9). В конце оросителя установлен сбросной вентиль (14), обеспечивающий возможность промывки трубопровода в начале и в конце сезона.



а)



б)

Рис. 1. Схема модуля теплицы с дождевальная системой при выращивании рассады кассетным способом: а)- вид в плане; б)-разрез А-А;

- 1-магистральный трубопровод; 2-завдвижка; 3-сбросной патрубок; 4-пробка; 5-патрубок подводящий; 6-трубопровод оросительный; 7-вентиль; 8- фильтр; 9-манометр; 10-штуцер; 11-насадки секторные правосторонние и левосторонние; 13-пробка; 14-сбросной узел; 15-подвеска трубопровода; 16-стойка; 17-ферма перекрытия теплицы; 18-кассеты с растениями; 19-технологический проход, граница модуля

Принятая конструкция оросительных трубопроводов обеспечивает достижение следующих технико-экономических эффектов:

- снижение рабочего давления воды до 0,15 МПа, т. е. на 25%;
- обеспечивает повышение степени очистки оросительной воды, в том числе от ферромагнитных примесей;
- снижает до минимума попадание взвешенных и твёрдых частиц из магистрального трубопровода в оросительные;
- исключает попадание оросительной воды на конструктивные элементы каркаса и её крупнокапельное стекание на кассеты;

- сведено до минимума крупнокапельное истечение воды из оросительных трубопроводов и попадание её на кассеты при переходных процессах включения и выключения подачи воды;

- образуемый искусственный морозящий дождь имеет мелкокапельную структуру, близкую к структуре естественного дождя, со средним диаметром капель 0,4...0,5 мм;

- обеспечивается лучшая равномерность распределения слоя дождя по орошаемой площади, а коэффициент эффективного полива при ширине модуля от 5,0 до 7,5 м составляет не менее 0,7;

- исключается практически образование ферромагнитных примесей (ржавчины) в оросительных трубопроводах;

- обеспечен непрерывный контроль рабочего давления и расхода воды в оросительных трубопроводах;

- повышена эксплуатационная надёжность работы;

- снижена металлоёмкость в 1,8...1,9 раз;

- исключается разрушение почвенной смеси в кассетах, повреждение всходов и вымывание семян дождём;

- повышается товарный выход рассады в 2...2,3 раза.

Применение модернизированной дождевальной системы значительно повышает качество полива. Исключение стока воды с оросителя и его сброс на орошаемую поверхность позволяет разместить под дождевальными насадками дополнительное количество кассет и максимально (до 100%) увеличить полезную площадь орошения, а так же снизить в несколько раз материалоемкость оросительной сети.

Менее крупные хозяйства имеют теплицы, непригодные для кассетной технологии, а приобрести кассетные линии и сами кассеты из-за дороговизны просто не в состоянии, хотя объем производства капусты белокачанной у них достаточно велик. Это, к примеру, ЗАО «Акатьевский» Коломенского района, СПК «Приокский» и СПК «Дединовский» Луховицкого района Московской области и др. Поэтому выращивание безгоршечной рассады посевом семян без пикировки для многих хозяйств остается одним из самых перспективных способов. Но успешное применение его возможно при условии разработки эффективных приемов борьбы с сорняками, использование сеялок точного высева, снабжения хозяйств семенами высоких посевных качеств и наличия достаточной площади обогреваемых сооружений.

Для применения в пленочных теплицах при выращивании рассады белокачанной капусты разрешен семерон. Его можно использовать после посева до появления всходов для опрыскивания грунта (0,5 кг/га д.в.) или вегетирующих растений (0,25 кг/га д.в., фаза рассады – 2-3 настоящих листьев).

Обработку растений семероном проводят при температуре воздуха в теплице ниже 20°C в предвечерние часы, когда отсутствует капель в теплице, а поверхность листьев свободна от росы, которая может снизить эффективность препарата.

Воздействие семероном на рассаду, ослабленную или пораженную ложной мучнистой росой, может вызвать сильное повреждение и даже гибель растений.

Гербицид до выборки рассады практически полностью разлагается в почве и не оказывает токсического последствие на культуры, выращиваемые вслед за рассадой.

Таким образом, семерон не может решить проблему сорняков на первоначальном этапе при появлении всходов капусты до 2-3-х настоящих листьев, так как не является почвенным гербицидом. А именно в это время сорняки интенсивно развиваются и угнетают рассаду. В фазе 2-3-х настоящих листьев у капусты вести борьбу с сорняками семероном крайне затруднительно из-за высокой чувствительности к этому гербициду капусты.

Поэтому была поставлена задача по изучению действия на сорняки и рассаду капусты разрешенного к применению на капусте гербицида бутизана 400КС при выращивании рассады в теплицах Московской области;

Исследования проводились в металлической блочной теплице общей площадью 0,5 га. Вначале теплица накрывалась, затем в течение двух недель почва прогревалась с помощью теплогенераторов ТГ-2,5. Обработка грунта делалась электрофрезой на глубину 17-20 см. Под обработку в опыте N2 было внесено 0,4 т/га нитроаммофоски. Посев рассады осуществлялся вручную под маркер 5 см \* 5 см.

Гербициды вносились ручным опрыскивателем “ Жук “. После внесения сразу был произведён полив почвы для улучшения действия гербицидов. Во втором опыте в это же время был применён экстрасол, путём опрыскивания почвы 1% раствором, для улучшения микробиологических свойств почвы.

Исследования показали, что бутизан в дозе 0,4кг/га не вызывает снижение засорённости рассады капусты на начальном этапе роста и развития рассады. Гибель сорняков наблюдается при более высоких дозах бутизана. При внесении 5кг/га бутизана засоренность снижается более чем в 2 раза(2002г.) и по эффективности не уступает рамроду, ранее применяемому на рассаде капусты, а ныне запрещённому. Необходимо отметить снижение эффективности действия гербицидов в 2003 г. по сравнению с 2002 г. Объясняется это низкими температурами почвы и воздуха в период выращивания рассады. К тому же, как показали наши дальнейшие исследования, действие рамрода со временем ослабевает, и он не сдерживает рост и развитие сорняков к концу выращивания рассады. Поэтому применение его одного в прошлом по большому счёту не решало проблему с сорняками на рассаде капусты белокочанной. Действие же бутизана со временем только усиливается, что позволяет иметь чистую рассаду до самой выборки. Таким образом, рамрод может быть с успехом заменён бутизаном.

Совершенствование выращивания рассады капусты белокочанной в пленочных теплицах невозможно без совершенствования физиологических и агрохимических основ питания.

В настоящее время исследования по разработке систем удобрения ведутся с учетом почвенных требований к экологической безопасности продукции и окружающей среды. Эти требования справедливы на всех этапах, в том числе и при выращивании рассады в теплицах. Необходимо выявить эффективность новых форм комплексных минеральных удобрений с микроэлементами (кемира-универсал), изучить влияние биопрепаратов (экстрасола) на рост и развитие рас-

сады, провести оценку этих удобрений и биопрепаратов в сравнении с обычными минеральными удобрениями (нитроаммофоски).

Применение биопрепарата в теплицах при выращивании рассады, прежде всего, обеспечивает защиту растений от корневых гнилей. Микроорганизмы, содержащиеся в приготовленном растворе препарата, интенсивно заселяют тепличный грунт и блокируют развитие патогенной микрофлоры благодаря продуцированию фунгицидных веществ. В процессе своей жизнедеятельности бактерии выделяют ростостимулирующие вещества, которые позволяют получать крепкую и здоровую рассаду с хорошо развитой корневой системой. Это обеспечивает хорошую приживаемость и дальнейшее развитие рассады в поле. Все эти моменты необходимо было проверить и уточнить, так как специальных исследований на рассаде не проводилось, есть только общие вышеперечисленные положения. При исследовании мы проследили, как действует экстрасол на капусту белокочанную, начиная с рассады и заканчивая урожаем в поле.

В фазе появления третьего настоящего листа были отобраны образцы рассады капусты для проведения листовой диагностики. Анализируя данные опытов, необходимо отметить, что применение нитроаммофоски улучшает азотное питание капусты, практически не влияя на фосфорное и калийное на данном этапе и, что применение экстрасола, тоже приводит к повышению азота в растениях.

На качество же рассады в равной степени влияет применение нитроаммофоски и экстрасола. Это ещё раз подтверждает тот факт, что экстрасол в большей степени является удобрением, чем средством защиты от болезней. Применение только внекорневой подкормки кемирой – гидро по сравнению с контролем улучшает качество рассады, но в меньшей степени, чем применение нитроаммофоски или экстрасола. Лучшие показатели качества рассады наблюдаются в варианте, когда рассада выращивается с применением всего комплекса удобрений. Это внесение нитроаммофоски под фрезерную обработку 0,4 т/га, после посева обработка почвы экстрасолом 1% раствором и в фазе 2-3-х настоящих листьев у капусты, внекорневая подкормка кемирой - гидро 0,2% раствором.

В дальнейшем агротехника выращивания капусты в поле по вариантам опыта не отличалась и проводилась по общепринятой схеме, отработанной в ГУП ПНО «ПОЙМА». Она включала на первоначальном этапе подкормку азотными удобрениями 0,2 т/га аммиачной селитры, первую междурядную обработку фрезой ФПУ-4,2, поливы агрегатом ДДА-100МА, подкормку нитроаммофоской 0,4 т/га через культиваторы – растение питатели КРН-4,2, двукратную обработку экстрасолом и, в конечном счете, оценку урожайности капусты белокочанной.

Уровень урожайности по вариантам опыта получился достаточно высокий. Тем не менее, различия по вариантам значительны. Отсюда можно сделать вывод, что основы получения высоких урожаев капусты белокочанной в условиях Московской области должны закладываться весной, начиная с выращивания рассады. Только качественная рассада при соответствующей агротехнике в полевых условиях способна давать высокие урожаи капусты и, наоборот, посадки низкокачественной рассады, даже при хорошем агрофоне, имеют некий предел

урожайности и менее эффективно отзываются на повышение уровня технологии их выращивания.

УДК 631. 347

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОЧИСТКИ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ «ФРЕГАТ» ОТ НАЛИПАЕМОЙ ПОЧВЫ

А.И. Рязанцев, И.В. Малько, Н.Я. Кириленко  
ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна, Россия

При поливе ДМ «Фрегат» по традиционной технологии на склоновых участках поля, в его ложбинах, характеризуемой повышенной влажностью почвы, наблюдается значительное снижение тягово-сцепных свойств тележек. Это обусловлено повышенным налипанием почвы на колеса машины, буксованием и, в конечном счете, снижением показателя проходимости ( $\Pi$ ), определяемого выражением:

$$\Pi = (\varphi_c - f)m > i, \quad (1)$$

где  $\varphi_c$  – коэффициент сцепления колес с почвой;  $m$  – число тележек;  $i$  – предельный уклон орошаемой площади.

То есть для обеспечения устойчивого движения машин необходимо повышение коэффициента сцепления  $\varphi_c$  и снижение коэффициента сопротивления качению  $f$  ходовых систем ДМ. Выполнение отмеченного может быть достигнуто посредством изменения традиционной технологии полива, то есть включающей снижение поливной нормы при прохождении дождевальной машиной переувлажненных участков при движении с повышенной скоростью.

Показатели сцепных свойств машины также можно повысить с помощью очистительных ножевых элементов (свидетельство на полезную модель № 29440), связанных с противооткатными тормозами ее ходовых систем. При работе противооткатных тормозов машины, устанавливаемых на рамах ее тележек (рис. 1) и взаимодействующих с выступающей частью почвозацепов колес по принципу храпового механизма, происходит последовательный подъем под воздействием очередного почвозацепа и опускание ножевого элемента под воздействием возвратной пружины в почву. При вращении колеса происходит его очистка от налипшей почвы между ее почвозацепами. На рисунке 2 представлена схема сил при взаимодействии ножевого элемента противооткатного тормоза машины с ободом колеса.

Процесс очистки условно можно разбить на два этапа: вдавливание очистителя в почву между почвозацепами и движение очистителя вдоль обода колеса (рис. 3). При этом усилие вдавливания очистителя в почву определяется следующим выражением:

$$R_{01} = p_1 \Pi_1 < P_1, \quad (2)$$

где  $R_{01}$  – усилие вдавливания очистителя;  $p_1$  – удельное сопротивление почвы вдавливанию;  $\Pi_1$  – параметры очистителя в вертикальной плоскости;  $P_1$  – усилие возвратной пружины очистителя.



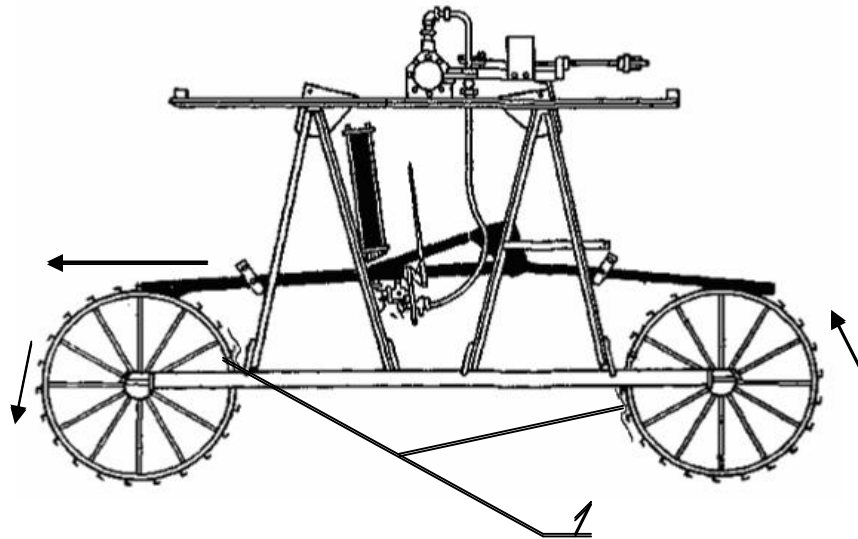
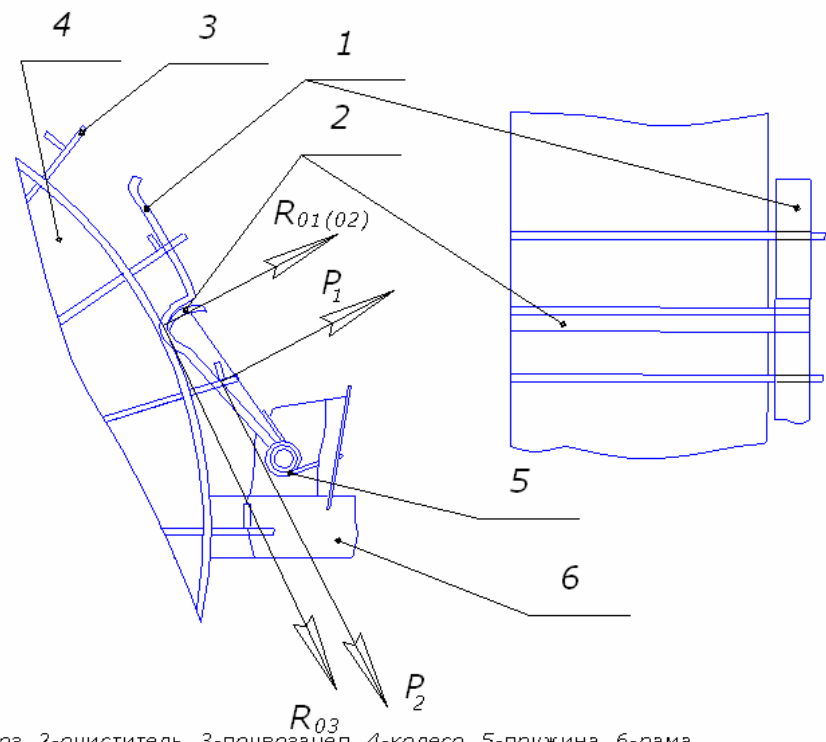
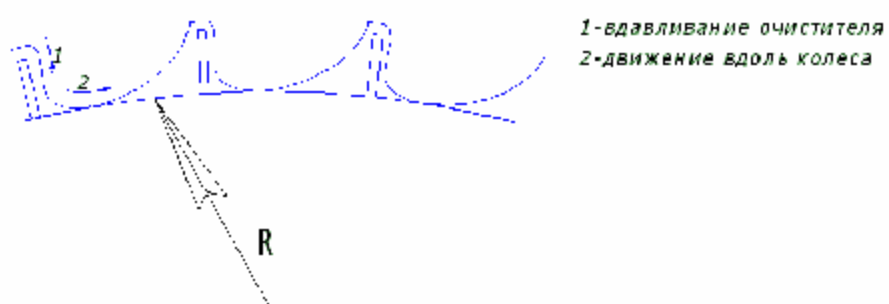


Рис. 1 . Схема расположения противооткатных тормозов  
1 – противооткатный тормоз



1-тормоз, 2-очиститель, 3-почвозацеп, 4-колесо, 5-пружина, 6-рама

Рис. 2. Схема сил взаимодействия ножевого элемента противооткатного тормоза с ободом колеса



1-вдавливание очистителя  
2-движение вдоль колеса

Рис. 3. Траектория движения ножевого элемента.  
Условие движения очистителя вдоль обода колеса определяется зависимо-

стью:

$$R_{02} = p_2 \Pi_2 < P_1, \quad (3)$$

где  $R_{02}$  - вертикальная составляющая усилий очистки;  $p_2$  - удельное сопротивление почвы движению очистителя вдоль обода колеса,  $\Pi_2$  - параметры очистителя в горизонтальной плоскости;

Баланс энергетических затрат гидропривода ДМ определяется следующими составляющими:

$$P_T = P_f + P_i + P_d, \quad (4)$$

где  $P_f$  - сопротивление качению машины;  $P_i$  - сопротивление подъему;  $P_d$  - запас усилий на преодоление неучтенных сопротивлений, которые для возможности очистки определяется следующим неравенством:

$$P_d > R_{03} + P_2, \quad (5)$$

где  $P_2$  - горизонтальная составляющая усилий пружины;  $R_{03}$  - горизонтальная составляющая усилий очистки.

Использование зависимостей (1, 2, 3, 4, 5) позволит оптимизировать параметры очистителя. При обосновании параметров очистителя необходимо учесть следующее. При поступательном движении тележки машины, которая работает в старт-стопном режиме, происходит очистка как заднего, так и переднего колес, при расположении очистителя соответственно впереди и сзади их обода. Исходя из отмеченного, можно предположить, что переднее колесо требует более основательной очистки, так как в данном случае, оставшаяся почва после некачественной очистки на обода под действием своей массы уплотняется и заливает. Так как тормоз-очиститель для заднего колеса находится перед надвигающейся на него почвы, которую можно лишь разрушить или подрезать, и она под действием силы тяжести своей массы будет сбрасываться в колею.

Для определения усилий резания очистителем при очистке колес ДМ «Фрегат» используется лабораторная установка, схема которой представлена на рисунке 4.

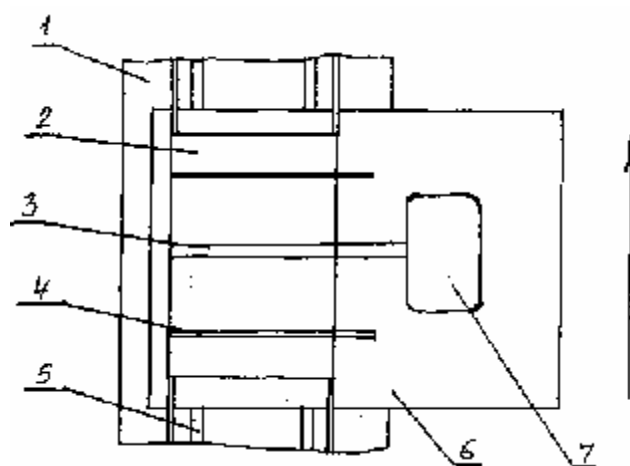


Рис. 4. Схема лабораторной установки:

- 1 - станина, 2 - модель обода колеса, 3 - очиститель, 4 - почвозацеп,  
5 - направляющие станины, 6 - суппорт, 7 - динамометр-датчик

Эта установка позволяет провести сравнительную оценку различных видов очистителей при различных режимах резания, а также параметрах очищаемого слоя.

Усилия резания определяются посредством модели 2, представляющей собой часть обода колеса ДМ «Фрегат», включающей два почвозацепа 4. Она закрепляется неподвижно на станине 1 токарно-винторезного станка 1М61. Почва нагружается между почвозацепами модели колеса и счищается очистителем. Разработанный очиститель 3 со специальной державкой закрепляется в динамометре-датчике (УДМ-1) 7, который, в свою очередь, соединяется по схеме посредством проводов коммуникации с измерительными устройствами: четырехтактным усилителем, приборным щитом и осциллографом. Динамометр-датчик закрепляется на суппорте 6, меняя скорость подачи, мы тем самым регулируем скорость резания. Также варьироваться может и нагружаемый слой почвы, а именно его параметры, такие как высота и ширина. Это позволяет наиболее полно определить усилия резания при использовании разных конструкций очистителей. При этом неизменными остаются такие характеристики, как влажность почвы и её несущая способность, которые максимально приближены к условиям реальной работы ходовых систем ДМ «Фрегат» в производственных условиях.

Обработка показаний динамометра датчика производится по формуле:

$$P = 9.8Am/K, \quad (6)$$

где  $P$  – сила резания,  $A$  – показания динамометра,  $m$  – коэффициент усиления,  $K$  – тарировочный коэффициент.

При проведении поисковых лабораторных опытов по оценке усилий резания вдоль обода колеса очистителями различных видов определены следующие их значения по вариантам: для очистителя, выполненного в виде пластины, усилие резания составляет около 100 Н, для очистителя, выполненного в виде отвала, усилие резания составляет 83 Н, а для очистителя, выполненного в виде гребенки, усилие резания составляет 50Н (рис.5). При проведении исследований величина параметров почвенного слоя между почвозацепами была по ширине 15 см и высоте 3,5 см.

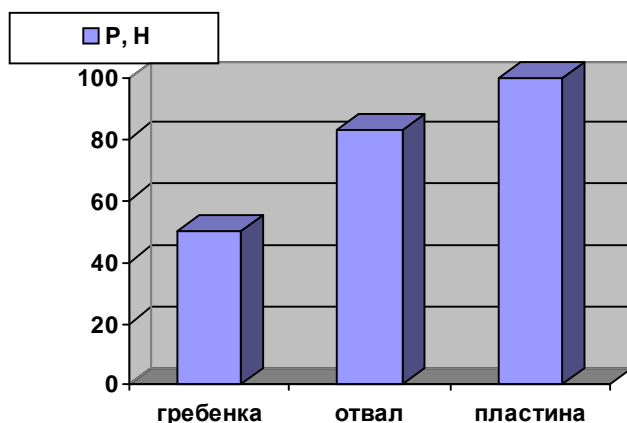


Рис. 5. Гистограмма усилий резания различными видами очистителей

Как видно из выше приведенных данных, наименьшее усилие резания при работе испытывает очиститель, выполненный в виде гребенки, который и может быть использован в качестве рабочего органа при создании очистительного устройства для ходовых систем ДМ «Фрегат».

#### Литература

1. Рязанцев А.И., Кириленко Н.Я., Малько И.В. Противооткатный тормоз колесного движителя многоопорных дождевальных машин. Свидетельство на полезную модель № 29440, 2003.

УДК 626.8:631.67

### **ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ В АРИДНОЙ ЗОНЕ**

М.А.Сазанов

КФ ГНУ ВНИИГиМ, Элиста, Россия

Как показала практика, мелиоративная деятельность оказывает существенное влияние на экологическую обстановку. Особенно остро эти проблемы проявляются в засушливой зоне, где сложные почвенно-гидрогеологические условия сочетаются с дефицитом водных ресурсов. Применяющиеся конструкции гидромелиоративных систем (ГМС) и технологические приёмы их эксплуатации не обеспечивают оптимального взаимодействия данных антропогенных объектов с окружающей средой и повсеместно наблюдаются процессы ирригационного опустынивания; вторичное засоление, осолонцевание, дегумификация и эрозия почв, подтопление и заболачивание и т.д. Наибольшее обострение этих негативных факторов отмечается на крупных ГМС, что видно на примере Калмыкии, где 70 % площадей регулярного орошения относятся к мелиоративно неблагоприятным.

Поэтому на современном этапе на первое место выходит экологическая стратегия создания ГМС нового поколения с преобладанием адаптивно-ландшафтных принципов [1, 3].

В аридных условиях это предусматривает отказ от строительства крупномасштабных орошаемых массивов, а внедрение ГМС оазисного (очагового) типа с многоцелевым назначением и замкнутым циклом водооборота [2, 4].

Мелиоративные системы оазисного типа должны соответствовать следующим основным требованиям: являться составной частью агроландшафта природно-климатической зоны; обеспечивать комплексное регулирование водного, солевого, воздушного, теплового, пищевого и др., режимов почв и растений, а также фитоклимата на основе адаптивно-ландшафтных ресурсосберегающих и экологически безопасных принципов и технологий; способствовать формированию устойчивых высокопродуктивных агроэкосистем на базе хрупких природно-территориальных комплексов полупустынной и

пустынной зон с сохранением естественных циклов и круговоротов веществ и энергии и их совершенствованием и улучшением; обладать универсальностью, т.е. возможностью многоцелевого использования различных конструкций и способов полива, а также применения различных видов мелиораций и их сочетаний в зависимости от потребностей.

Классифицировать ГМС оазисного типа предлагается по следующим параметрам: по размеру (площади), функциональным возможностям, типу водоподдачи, водооборота, водоисточника, дренажа и способу полива (рис. 1).

Конструктивные возможности ГМС должны обеспечивать применение всего набора комплексных мелиораций: оросительных, обводнительных, агротехнических, химических и биологических. В качестве водоисточников могут служить как поверхностные (озера, пруды, водохранилища, каналы, ООС, местный сток), так и подземные (безнапорные и напорно-артезианские) и Каспийское море.

ГМС оазисного типа должны состоять из следующих элементов: источника орошения; водозабора (самотечного или механического – насосной станции и т.п.); транспортного тракта (канала в облицовке, лотка, трубопровода и т.д.); насосной станции; инженерного участка орошения с различными конструкциями сети и поливной техники (оборудования) - регулярного орошения с использованием поверхностных способов (по бороздам, полосам и т.д.), дождевания, мелкодисперсного дождевания и др., лиманного орошения, микроорошения – капельного и подкранового и др.; коллекторно-дренажной сети (в случае необходимости) с обязательным устройством на концевых элементах узлов очистки и деминерализации; узлов очистки оросительной воды (из поверхностных и подземных источников) в случае неудовлетворительного ее качества; системы автоматического управления процессами орошения и контроля состояния окружающей среды; объектов электроснабжения и связи; производственных и жилых зданий и помещений; дорог; лесо- и полезащитных насаждений. Структура и возможная компоновка ГМС представлена в таблице 1.

Системам данного типа должна быть присуща высокая экономическая эффективность, стабильное получение возможно высоких устойчивых урожаев с.-х. культур, пользующихся повышенным спросом (зерновых, кормовых, фруктов, овощей, винограда и т.д.), при общей рентабельности производства (индекс доходности ГМС не ниже 1,3...1,4); в конструктивном и технологическом отношении – пониженная маломатериалоемкость и относительно небольшие капитальные вложения, обеспечение экономии материальных, людских и денежных ресурсов на 15...20 % (в том числе водных ресурсов на 30...40 %). Наиболее перспективны в этом направлении системы поверхностного полива, микроорошения и дождевания с использованием современного малоэнергоёмкого оборудования (ЭДМФ «Кубань-Л», МДЭК «Кубань – ЛК1», дождевателей шланговых и т.д.).

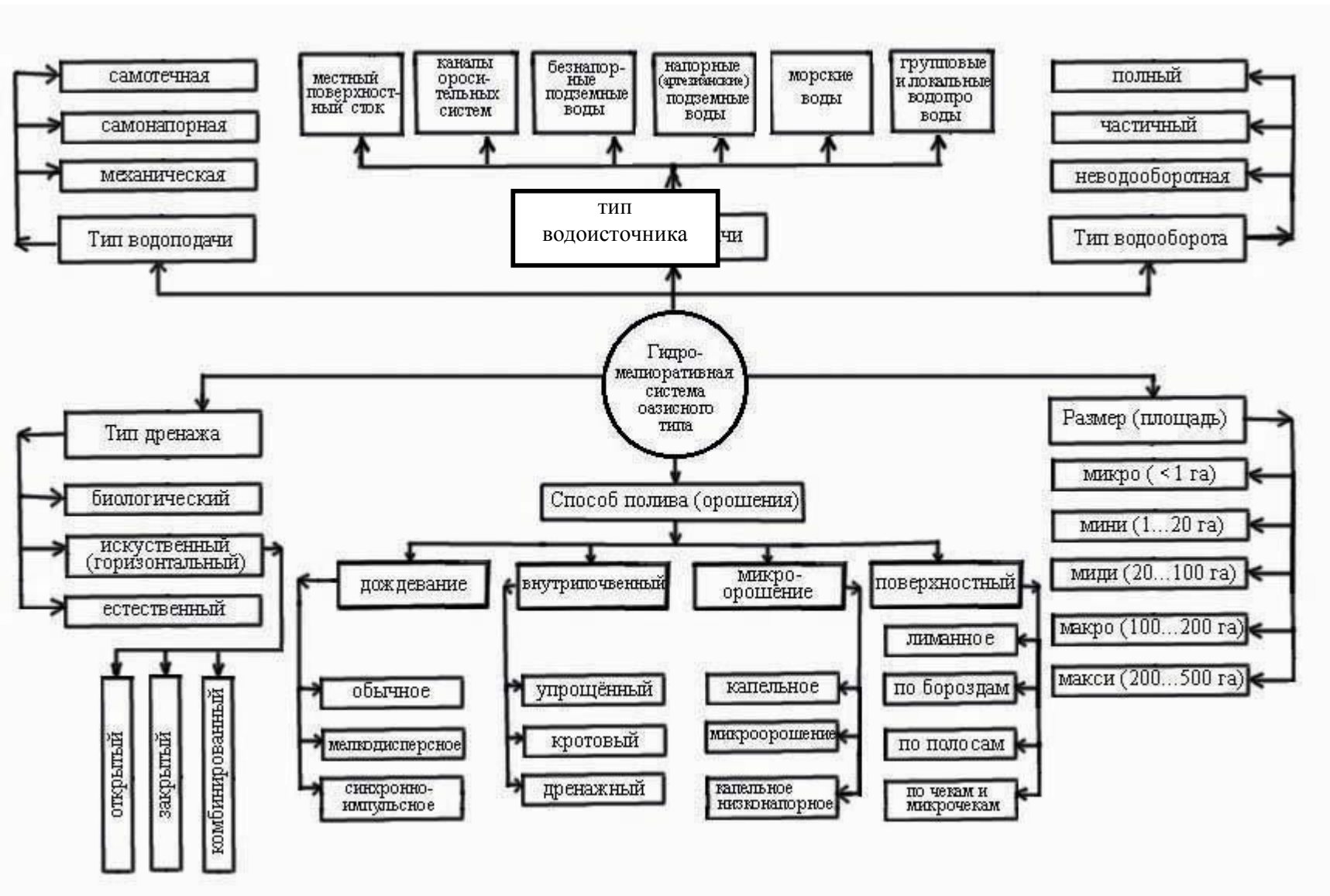


Рис. 1. Классификация гидромелиоративных систем оазисного типа

Таблица 1. Структура многоцелевых гидромелиоративных систем оазисного типа

Тип водоисточника и составные части систем	Вид системы					
	На местном поверхност- ном стоке	На каналах ороситель- ных систем	На подземных водах		На морских водах	На во- допро- водах
			безнапор- ных	напорных		
Водоисточник:						
-поверхностный местный сток	+	-	+	-	-	+
-воды каналов ороси- тельных систем	-	+	-	-	-	+
-подземные напорные во- ды	-	-	-	+	-	+
-подземные безнапорные воды	+	-	+	-	+	-
-морские воды	-	-	-	-	+	+
Главные гидротехниче- ские сооружения:						+
-водоём (пруд, водохра- нилище)	+	-	-	+	+	+
-канал	-	+	-	-	+	-
-шахтный колодец на линзе подземных вод	+	-	+	-	-	+
-артезианская скважина	-	-	-	+	-	+
-магистральный водопро- вод	+	+	-	+	+	+
Система регулярного орошения	+	+	+	+	+	+
Система лиманного оро- шения	+	+	+	+	+	+
Система микроорошения	+	+	+	+	+	+
Система сельскохозяйст- венного водоснабжения	+	+	+	+	+	+
Система утилизации, очистки и повторного ис- пользования дренажно- сбросных и сточных вод	+	+	+	+	+	+
Система рыбоводства	+	+	-	+	+	-
Система разведения во- доплавающих птиц и жи- вотных	+	+	-	+	+	-
Система санитарного по- пуска воды	+	-	-	-	-	-
Система контроля режи- ма орошения, уровня плодородия почвы и ка- чества воды	+	+	+	+	+	+
Система искусственного пополнения запасов под- земных вод	+	-	+	-	-	-
Система очистки и улуч- шения качества воды	+	+	+	+	+	+

## Литература

1. Губер К.В. Совершенствование конструкций внутрихозяйственных гидромелиоративных систем // Проблемы и перспективы развития мелиорации, водного и лесного хозяйства: Сб. науч. тр. Россельхозакадемии – М.: ВНИИА, 2004, С. 190-203.
2. Губер К.В., Сазанов М.А. Тенденции развития мелкоконтурных гидромелиоративных систем оазисного типа // Вопросы мелиорации. – М. – 2003 - № 3 - 4- С. 128-138.
3. Научно обоснованные рекомендации по конструкциям экологически ориентированных гидромелиоративных систем и комплекса гидротехнических сооружений и их техническому оснащению. В 3-х частях. – М.: ГНУ ВНИИГиМ, 2004. – 296 с.
4. Сазанов М.А. Технология создания гидромелиоративных систем оазисного типа // Мелиорация и окружающая среда: Юбилейный сб. научн. тр. ГНУ ВНИИГиМ. Т.1 – М.: ВНИИА, 2004, С. 163-174.

УДК 631.6:633.88

## **БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО КАК ПОКРОВНОЙ КУЛЬТУРЫ**

М.В. Силков

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В настоящее время проявляется интерес к эколого-мелиоративным технологиям возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе и лекарственных растений. Одним из важнейших лекарственных растений является *женьшень настоящий* (*Panax ginseng L.A. Mey*), являющийся носителем уникальных биологически активных веществ (*панаксозидов*), свойственных представителям семейства *Аралиевые* (*Araliaceae*). Так как вид происходит из горных таежных лесов Дальневосточного Приморья (южная часть Приморского и Хабаровского краев), он является тенелюбивым растением, занимающим среднее положение между тенелюбивыми и теневыносливыми. Для его нормального развития нужен затененный массив, где освещенность, составляет примерно 1/3 часть от освещенности открытого участка.

Поэтому одним из наиболее важных вопросов агротехники культуры женьшеня занимает метод притенения посадок. При интродукции в различные регионы применяются различные приёмы для создания благоприятного светового режима. В Корее, где женьшень культивируется более четырёх столетий, над растениями ставят щиты из досок или сплетённые из рисовой соломы. В Тебердинском заповеднике посеvy женьшеня размещают на лесных полянах в окружении букового и кленово-букового леса. Ученые Дальневосточного Приморья, Беларуси и других регионов делают притенительные сооружения из рек. В Приморском крае (Т.Т. Тимченко) предложена стропильно-шедовая система притенения<sup>1</sup>. В Беларуси для женьшеня построены высокие металлические сооружения, односкатные, накрываемые плёнкой (способ разработан Г.И. Виолентием). На ДВ ЗОС ВИЛАРа (Приморский край) растения выращивают под

---

<sup>1</sup> на высоте 2,2 м на стропила под углом 40° укладывают доски с просветом 3...4 см. Доски не прибивают, а сдвигают или раздвигают на нужную ширину просвета в зависимости от фаз развития женьшеня и погодных условий.



сплошными щитами из досок на каркасах, на высоте 1,4 м с северной стороны и 1,0 м с южной.

При использовании вышеперечисленных способов, обработка почвы и мероприятия по уходу за растениями под щитами становятся очень изнурительными и неудобными для выполнения.

Нами в качестве затеняющего средства предложен семенной посев козлятника восточного (патент № 2177220). Сущность метода заключается в том, что в предлагаемой технологии вместо щитовых навесов и прочих конструкций растения женьшеня с весны до глубокой осени находятся под прикрытием и защитой растений козлятника восточного. Посадки женьшеня при этом получают достаточное, но не избыточное количество солнечной энергии.

По разработанному нами способу возделывания женьшеня семена или рассаду весной высаживают в междурядья (0,6 м) семенного посева козлятника восточного второго – третьего года жизни.

На всем земном шаре насчитывается 8 видов козлятника. Все 8 видов козлятника относятся к семейству *Бобовых (Leguminosae)*, роду *Галега (Galega L.)*. В нашей стране козлятник представлен двумя видами: *К. восточный (Galega orientalis Lam.)* и *К. лекарственный (Galega officinalis L.)*. Оба вида приурочены к горному лесному поясу Кавказа. В природе существуют две формы козлятника восточного – *северокавказская* и *лорийская*. Первая форма более раннеспелая, у стеблей большое количество междоузлий, в силу чего она и представляет интерес для окультуривания. Лорийская форма может быть использована в процессе селекции.

В диком виде встречается на Северном Кавказе и в Дагестане, в лесных районах почти всей Грузии, на севере Армении и юго-западной части Азербайджана, редко встречается в Крыму. Растет в предгорьях (лесостепного пояса) в лесном и субальпийском поясах на высоте 305...1820 м над уровнем моря.

Чаще всего *К. восточный* приурочен к хорошо проветриваемым деградированным черноземам, богатым органическими веществами (разложившаяся лесная подстилка), значительно реже он встречается на бедных суглинистых черноземах.

В нашей стране испытанием и изучением его начали заниматься с 1932 года (Всесоюзный институт кормов им В.Р. Вильямса и Всесоюзный институт растениеводства).

Наиболее всестороннему и глубокому изучению козлятник восточный был подвергнут в институте кормов. Здесь впервые была дана обстоятельная ботаническая, биологическая, кормовая и агротехническая характеристика козлятника восточного, а также разработаны основные приемы его агротехники на корм и семена, применительно к условиям нечерноземной полосы. В настоящее время козлятник восточный получает высокую оценку в условиях производства и размножается на семена более чем в 50 хозяйствах Московской, Костромской, Ивановской, Тверской, Тульской, Брянской и других областей России.

*Козлятник восточный* – многолетнее травянистое растение. По типу корневой системы он относится к стержнекорневым растениям, образующим корневые отпрыски. Корневая система мощная, проникает в почву на глубину

50...80 см. Она состоит из главного стержневого корня и многочисленных боковых ответвлений с густой сетью мелких нитевидных корешков. На главном корне на глубине до 7 см формируется от 2 до 18 отпрысков корневищного типа. Они растут горизонтально до 30 см и более, а затем выходят на поверхность почвы и образуют стебли. Благодаря этой способности к вегетативному размножению, травостой козлятника с годами не изреживается, а, наоборот, всё более загущается. На подземной части стеблей козлятника ежегодно образуется 3...4 зимующие почки. Таким образом, возобновление растений обеспечивается за счет корневых отпрысков и зимующих почек.

На корнях козлятника образуются клубеньки овальной формы, розового цвета, размером 2...4×1,0...1,5 мм, заполненные бактериями. На одно растение приходится от 100 до 1500 клубеньков (от 142 до 270 клубеньков в среднем на одно растение) различной величины и формы, в которых обитает одна из рас клубеньковых бактерий (*Bacterium radicum*).

Растение образует мощный куст с 10...18 стеблями, высотой от 100 до 150 см. Стебель прямостоячий, полый, трубчатый с неглубокими плоскими бороздками матово-зелёной окраски, состоит из 7...14 междоузлий. В верхней части стебель ветвится. На деградированных черноземах К. восточный пышно разрастается, нередко достигает 2 м высоты, формируя в процессе вегетации большую ассимиляционную поверхность – 11 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

Кормовая ценность козлятника тесно связана с его хорошей облиственностью, которая чаще всего находится в пределах 60...70 %, но может иметь и другие значения в зависимости от фазы развития растений. Листья же всегда содержат больше протеина, чем стебли. Урожайность зеленой массы в пересчете составляет 25 т/га, или 6,2 т/га сена и семян от 100 до 150 кг/га.

Содержание сырого протеина и жира в листьях в 2,...2,5 раза больше, чем в стеблях (табл. 1).

Табл. 1. Содержание питательных веществ в листьях и стеблях козлятника (первый укос)

Органы растений	Сухое вещество, %	% к сухому веществу							
		зола	протеин	жир	клетчатка	БЭВ <sup>2</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
Листья	28,6	9,7	25,1	3,5	18,8	35,4	0,70	3,07	2,24
Стебли	31,1	5,5	10,8	1,3	31,2	41,1	0,54	2,35	1,10

Высокую питательность (табл. 2) имеют различные виды кормов из зеленой массы козлятника: сено, резка, травяная мука, гранулы, силос, сенаж. В начале цветения козлятника на 1 кг сухого вещества приходится 0,6...1,0 корм. ед., а на 1 корм. ед. – 158...216 г перевариваемого протеина.

<sup>2</sup> БЭВ—биологически экстрактивные вещества.

Табл. 2. Питательная ценность кормов из зеленой массы козлятника  
(по данным Ж. А. Яртиевой)

Корм	Фаза развития растений	На 1 кг сухого вещества		На 1 корм. ед.
		кормовых единиц	перевариваемого протеина	
Зеленая масса	Стеблевание – начало цветения	1,0	216	216
	Начало цветения	0,86	136-174	158-203
Силос	Начало цветения	0,80	154-160	192-200
Резка искусственной сушки	Начало цветения	0,75	148	198
	Конец цветения	0,60	115	191

Козлятник восточный – растение многостебельное, ветвистое. Стебель матово-зеленый, прямостоячий, полый. Высота в естественных условиях при благоприятных условиях до 2 м; в условиях культуры от 80 до 135 см. Стебель козлятника восточного несет на себе 8...13 основных листьев. Листья непарноперистые, 14...26 см длины, состоят из 9...15 яйцевидных листочков. Цвет листьев сверху темно-зеленый, снизу – желтовато-зеленый. Каждый стебель несет на себе кисть 20...30 см длиной с 25...75 крупными синими цветками. Соцветие козлятника—прямостоячая кисть длиной от 15 до 20 см и более. На каждом стебле 3...4 соцветия, на отдельных стеблях до 20. В каждой кисти 25...75 крупных сине-фиолетовых цветков. Цветки имеют типичное для бобовых строение, но они открытые с неглубоким расположением нектарников.

Бобы саблеобразной и, реже, ножеобразной формы. В бобе заключено 3...7 семян (и до 14). Плод представляет собой линейный, слабоизогнутый, на конце заостренный боб. Длина его 2...4 см. Окраска бобов бурая светло- или темно-коричневая. При созревании они не растрескиваются и не опадают. В плодах заключено 3...7 семян.

Семена довольно крупные (крупнее, чем у клевера и люцерны), почковидной формы. Масса 1000 семян от 5,5 до 9 г. Семена начинают терять всхожесть и снижать энергию прорастания со второго года жизни. Свежеубранные семена желтовато-зеленого или оливкового цвета; при продолжительном хранении принимают светло-коричневую и затем темно-коричневую окраску. Значительная часть семян козлятника (50...98%) имеет труднопроницаемую для воды и воздуха семенную оболочку (*твёрдосемянность*), однако, путём скарификации<sup>3</sup> семян можно увеличить их всхожесть до 95...100%.

Оптимальная температура для прорастания семян в лабораторных условиях 20...30° С. При посеве в поле дружное прорастание семян и появление всходов происходит при температуре 12...15° С. При таких температурных условиях полные всходы появляются на 8...10 день.

<sup>3</sup> Скарификация—разрушение механическим, физическим или химическим способом покровной оболочки у некоторых видов семян, имеющих очень твёрдую оболочку, для улучшения доступа воды и воздуха к зародышу прорастающего семени.

Козлятник восточный отличается большой многолетностью и исключительной зимостойкостью. Продолжительность жизни растений зависит от многих факторов. Наиболее сильно влияют на неё удобрения и интенсивность использования посева. Срок хозяйственной эксплуатации посевов может достигать 15 лет. При обеспечении нормального ухода (обработка междурядий в год посева, боронование и борьба с сорняками в последующие годы) посев козлятника восточного способен давать высокие урожаи зелёной массы и сена.

Так, на опытном поле Института кормов посев козлятника восточного не подвергался вымерзанию, несмотря на суровые и бесснежные зимы в отдельные годы, давая в среднем за год за 13 лет более 30 т/га зелёной массы, или по 7,7 т/га сена.

В год посева козлятник восточный развивается сравнительно медленно и даёт только один укос. Со второго года и во все последующие годы жизни – два полноценных укоса. Первый укос составлял 60% , а второй – 40%.

Полного развития козлятник восточный достигает на третьем году жизни, обеспечивая в это время урожайность зелёной массы до 40 т/га, или сена до 10 т/га. Высокий урожай держится до 7-летнего возраста, затем он снижается.

Зимний период, по данным исследований, проведённым в различных зонах, козлятник восточный переносит так же, как клевер луговой и люцерна синегибридная. Для успешной перезимовки ему требуется не менее 100...120 дней активного роста. Если вегетационный период короткий из-за позднего посева, растения могут погибнуть в результате их недостаточной зимо- и морозостойкости. В ранневесенний период посевы козлятника восточного повреждаются при температуре минус 4...5° С, однако старовозрастные посевы после заморозков возобновляются за счет хорошо развитых корневых отпрысков.

Во второй и последующие годы отрастание растений начинается рано. В начале формируется розетка листьев, а спустя 10...14 дней трогаются в рост стебли. Весной, обладая высокой энергией роста, растения очень продуктивно используют влагу, накопленную в почве за осенне-зимний период.

Основное цветение в Нечернозёмной зоне приходится на начало июня и продолжается около 20...25 дней. Семена начинают созревать через 30...40 дней после цветения. От весеннего отрастания до созревания семян проходит 2,5...3 месяца. Уборку проводят в начале августа.

В процессе цветения и созревания семян стебли грубеют, но вместе с листьями остаются зелёными до полной спелости семян.

Учитывая биологические особенности козлятника восточного и женьшеня, а также результаты полученные опытным путём, можно констатировать, что козлятник восточный вполне можно использовать в качестве покровной культуры при возделывании женьшеня по нетрадиционной технологии.

УДК 626.87:631.613

## **ВНУТРИПОЧВЕННОЕ ОРОШЕНИЕ КУКУРУЗЫ ПО КРОТОВИНАМ**

Н.Л.Сыздыкова

ФГОУ ВПО ДГАУ, Благовещенск, Россия

Наиболее перспективным направлением в решении проблем охраны вод-

ных ресурсов и рационального их расходования является использование для орошения сельскохозяйственных культур сточных вод. Внутрипочвенное орошение сточными водами наиболее полно отвечает всем санитарным требованиям, так как они подаются во внутрипочвенные увлажнители, уложенные на глубине 50 см, а потому не соприкасаются с вегетативной массой растений и поверхностью почвы.

Опыт по внутрипочвенному орошению навозными стоками по кротовинам заложен на осушительно-оросительной системе в колхозе «Прогресс» Амурской области, покров которых представлен лугово-глеевыми почвами. По почвенно-мелиоративной классификации эти почвы относятся к группе тяжелых почв с оструктуренным иллювиальным горизонтом повышенной водопроницаемости, подстилающимся с глубины 100-120 см практически водоупорной почвообразующей породой мощностью от нескольких метров до нескольких десятков метров. Такое сложение почвенного профиля создает благоприятные условия для применения внутрипочвенного орошения навозными стоками. Мощный слой водонепроницаемой почвообразующей породы предохраняет от загрязнения навозными стоками грунтовые воды, а иллювиальный горизонт повышенной водопроницаемости обеспечивает эффективное увлажнение корнеобитаемого слоя почвы.

Почвы осушены закрытым дренажем с расстоянием между дренами 12 м. Для изучения эффективности внутрипочвенного орошения по кротовинам был заложен опыт по следующей схеме: контроль (без орошения), внутрипочвенное орошение с расстоянием между кротовинами 2,0 метра, внутрипочвенное орошение с расстоянием между кротовинами 1,0 метр. Земли использовались для посевов кукурузы на гребнях. Кротовины нарезались глубокорыхлителем-кротователем-бороздоделом ГРКБ-0,6 конструкции ДальНИИГиМ в варианте только кротователя. Они выполнялись перпендикулярно оросителю-сбросу на глубину 60-70 см, агрегат работал в одностороннем направлении – от оросителя-сброса, обратный ход агрегата был холостой. В образовавшиеся входы кротовин в откосе каналов вставлялись полиэтиленовые трубки длиной 50 см для предотвращения заиления устьев кротовин.

После этого ороситель-сброс заполнялся навозными стоками до уровня поверхности участка, т.е. слой навозных стоков над кротовинами составлял 60-70 см, навозные стоки поступали в кротовины и увлажняли корнеобитаемый слой почвы. Опыт продолжался в течение 5-6 суток.

Устойчивость к кротовому дренажу является важным положительным свойством некоторых суглинистых и глинистых почв в зоне избыточного увлажнения. Она позволяет существенно усилить осушающее действие мелиоративных систем путем применения кротового дренажа. Исследования показали, что к кротовому дренажу устойчива значительная часть луговых почв Дальнего Востока, которые можно рассматривать как почвы с реликтовыми свойствами (повышенной оструктуренностью части профиля) бывших пойменных почв Амура. Устойчивость к кротовому дренажу определялась по методу С. В. Астапова и Ф. Р. Зайдельмана.

Устойчивость к кротовому дренажу элювиального горизонта на глубине

20...42 см слабая. Срок действия менее одного года. Это полностью подтвердилось полевыми опытами. Дрены, уложенные на глубину 35...40 см, заплывали после первого интенсивного дождя. В иллювиальном оструктуренном горизонте с содержанием водопрочных макроагрегатов 50...60% устойчивость к кротовому дренажу высокая. Срок действия 3...4 года. В горизонте В<sub>3</sub>С<sub>г</sub> на глубине 100...120 см кротовые дрены могут сохраняться до 2...3 лет.

Исходя из значений кротоустойчивости дрен в иллювиальном горизонте на глубине 70-60 см - в течение 3-4 лет, ожидали сравнительно длительного действия кротовин как увлажнителей; по крайней мере, в течение одного влагозарядкового полива продолжительностью до месяца. Предположения не оправдались. Не учли того обстоятельства, что условия работы кротовин при внутрипочвенном увлажнении резко отличается от режима работы их в качестве дрен, которые действительно сохраняются в подобных почвах в течение нескольких лет. При работе кротовин в качестве дрен водой заполняется только нижняя ее часть. Кротовина работает по принципу закрытого осушителя, т.е. понижает уровень гравитационной воды.

При работе кротовины в качестве увлажнителя она полностью заполняется и стенки ее под напором начинают насыщаться стоками. Устойчивость верхней части кротовины резко снижается. Как показали наши многочисленные лабораторные определения агрегатного состава иллювиального горизонта тяжелых оструктуренных почв, методика которого во многом моделирует условия работы грунта в верхней части кротовины-увлажнителя, распад монолита из иллювиального горизонта на структурные отдельности происходит практически в течение суток. Подобное было отмечено в процессе увлажнения по кротовинам. Они оказались почти полностью заполнены массой почвы уже в первые дни опыта.

Тем не менее, как следует из таблицы 1, даже кратковременное внутрипочвенное орошение навозными стоками по кротовинам положительно сказалось на урожайности кукурузы.

Таблица 1. Урожайность зеленой массы кукурузы на силос при орошении навозными стоками по кротовинам, т/га

Варианты опыта	Контроль – без орошения	Процент к контролю	Орошение по кротовинам	Процент к контролю
Контроль (без кротования и орошения)	22,4	-	22,4	-
Кротовины через 1 м	24,0	7,1	30,2	34,8
Кротовины через 2 м	24,9	11, 2	25,3	13
НСР <sub>05</sub> , т/га	0,65	-	0,90	-

Более высокая урожайность зеленой массы кукурузы (30,2 т/га) при орошении сточными водами получена на участке с расстоянием между кротовинами один метр. Прибавка урожайности по сравнению с контролем составила 34,8%.

На варианте кротования через два метра прибавка урожайности кукурузы от орошения по кротовинам составила всего 13 %. На участках без орошения лучший результат (11,2 %) получился на варианте с расстоянием между кротовинами два метра. Самая наименьшая прибавка оказалась на участке без орошения с расстоянием между кротовинами один метр.

Анализируя данные, полученные в результате наших исследований, мы можем сделать вывод, что даже одноразовое использование кротовин при внутрипочвенном орошении сточными водами является высокоэффективным агрономическим мероприятием, так как удобрительное последствие орошения стоками на урожайность сельскохозяйственных культур сохраняется в течение 2-4 лет.

УДК 631.674.51

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СИНХРОННО-ИМПУЛЬСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ**

А.А. Терпигорев, А.В. Грушин, С.А. Асцатрян  
ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна, Россия

Синхронно-импульсное дождевание (СИД) применяется для орошения садов, ягодников, чайных плантаций, лесопитомников, овощных, кормовых, технических и других сельскохозяйственных культур. Разработанные ВНИИ «Радуга» комплекты КСИД-1 (рис. 1) и КСИД-10 являются одно- и десятигектарными блок-участками (модулями) для строительства стационарных и сезонно-стационарных оросительных систем различной площади.



а)



б)

Рис.1. КСИД-1 на поливе фруктового сада:  
а) общий вид; б) дождеватель импульсный

Комплект представляет собой автоматически действующую дождевальную установку, которая осуществляет орошение сельскохозяйственных культур непрерывно в течение вегетации растений, за исключением периодов обработки

растений, проведения культивации, прополки и других операций по уходу за почвой и растениями.

Технология СИД основана на малоинтенсивной водоподаче синхронно водопотреблению и равной суммарному расходу воды на испарение с поверхности почвы и транспирации растений (0,1-1,0 л/с на 1 га). Водоподача осуществляется круглосуточно на протяжении всего термически напряжённого периода вегетации, прерывисто во времени с интервалами 1-5 минут между выбросами воды в виде искусственного дождя практически одновременно всеми импульсными дождевателями.

Технология малоинтенсивного и длительного воздействия СИД на растения и среду (почву, приземный слой воздуха) коренным образом отличается от традиционной технологии дождевания, основанной на кратковременной водоподаче с интенсивностью превышающей интенсивность водопотребления в 50-250 раз.

Комплект СИД, в отличие от известных технических средств для проведения вегетационных поливов, имеет ряд принципиальных отличительных особенностей, заключающихся в следующем:

- импульсные дождеватели работают одновременно на всей орошаемой площади в режиме непрерывно чередующихся пауз накопления воды в гидроаккумуляторах и периодов выхлопа её под действием сжатого воздуха через дождевальные среднеструйные аппараты;

- одновременная работа импульсных дождевателей на всей орошаемой площади обеспечивает предельное рассредоточение поливного тока воды, что позволяет ликвидировать водооборот на оросительной системе и обеспечить равномерное распределение воды по площади полива;

- предельное рассредоточение поливного тока снижает величину транспортируемых расходов воды, что позволяет применять трубы малого диаметра (15-25 мм);

- длительная во времени, постоянная импульсная водоподача, с паузами, заданной продолжительности (50-90 секунд), позволяет поддерживать влажность активного слоя почвы и приземного воздуха на оптимальном уровне без резких колебаний;

- наличие пауз в работе импульсных дождевателей, продолжительность которых может быть в 50-200 раз больше периодов выхлопа воды, обеспечивает очень низкую среднюю интенсивность искусственного дождя (до 0,007 мм/мин), что позволяет использовать комплект на всех типах по водопроницаемости почв на местности со значительными уклонами (до 0,3);

- импульсные дождеватели нового типа работают в «ждущем» режиме по сигналам автоматического понижения давления в сети, что обеспечивает надёжную групповую работу и одновременное срабатывание всех импульсных дождевателей на системе, полную идентичность параметров их работы (объём и количество выхлопов, верхнее и нижнее давление, радиус действия и др.) независимо от высотного и планового их расположения, что практически недостижимо на системах с обычными дождевальными аппаратами, а также с импульсными дождевателями автоколебательного действия.



Отличительной особенностью технологии СИД является её малоинтенсивное длительное воздействие на почву, позволяющее поддерживать её влажность в слое активного влагообмена на оптимальном уровне (80-85 % НВ) без значительных колебаний от верхнего (100 % НВ) до нижнего (60-70 % НВ) пределов свойственных традиционным технологиям. Протекающие при этом в почве процессы не носят стрессовый, разрушающий её структуру, характер и проходят в комфортных для формирования плодородия условиях по водосдерживанию и аэрации. Капиллярное давление влаги в почве находится на минимальном пороге от –5 до –10 кПа, не требующем высоких энергетических затрат при потреблении растениями из почвы влаги и элементов питания. Технология СИД позволяет поддерживать увлажнение в оптимальном диапазоне в течение всего вегетационного периода.

Технология СИД – экологически безопасна. Малоинтенсивная водоподача полностью исключает образование на поверхности почвы луж и почвенной эрозии, в том числе при сложном рельефе местности. Малый диапазон изменения влажности почвы создаёт условия, исключающие перенос солей в верхние горизонты и их засоление.

Поддержание влажности почвы на определённом уровне без доведения её до верхнего предела создаёт возможность аккумуляции части естественных осадков в слое активного влагообмена. Коэффициент продуктивности использования естественных осадков при этом в гумидной зоне повышается на 20-25%.

СИД является водосберегающей технологией:

- за счёт более продуктивного использования естественных осадков оросительная норма соответственно снижается;

- длительное направленное воздействие на микроклимат приземного слоя воздуха за счёт импульсного выброса одновременно из всех дождевателей струй рассредоточенного во времени (через каждые 1-5 минут) повышает влажность воздуха в термически напряжённые периоды суток на 10-20 %, а температуру снижает на 1-3 0С. Амплитуда колебаний этих параметров в суточном цикле значительно уменьшается. Создаются микроклиматические условия для активизации процесса фотосинтеза растений на протяжении всего дневного периода суток без его спада в жаркие часы суток, как это имеет место при традиционном дождевании. Повышенная влажность воздуха уменьшает испарение с поверхности почвы. Технология СИД создаёт уникальную возможность борьбы с атмосферной засухой, суховеями и заморозками;

- длительное направленное воздействие непосредственно на надземную часть растений за счёт импульсного выброса струй дождевальными аппаратами кругового действия и периодического через 0,5-1,0 часа смачивания листьев растений способствует очищению поверхности листьев, регулирует их температуру, создаёт оптимальные условия для внекорневого питания растений;

- оборудование СИД даёт возможность реализовать принципиально новую технологию «непрерывного» внесения вместе с поливной водой слабоконцентрированных макро- и микроудобрений, средств химизации путём дозирован-

ного ввода их централизованно в голове системы или дифференцированно по площади с вводом непосредственно у импульсных дождевателей;

- предельное рассредоточение тока воды во времени и пространстве, исключение водооборота на системе позволило снизить требуемую пропускную способность и диаметр трубопроводной сети последнего порядка до 1", одновременно повысив их загрузку во времени. Капиталоёмкость оросительных систем СИД существенно снижена (на 30-50 %), за счёт более полного использования технологического оборудования во времени, а также отсутствия водооборота и вододелительной арматуры.

Производственная апробация СИД в широком диапазоне климатических поясов проводилась от Ивановской области на севере до Молдавии, Крыма, Закавказья и стран Центральной Азии на юге (рис. 2), где дефицит водопотребления находится в пределах от 1 до 10 тыс. м<sup>3</sup> на 1 га.

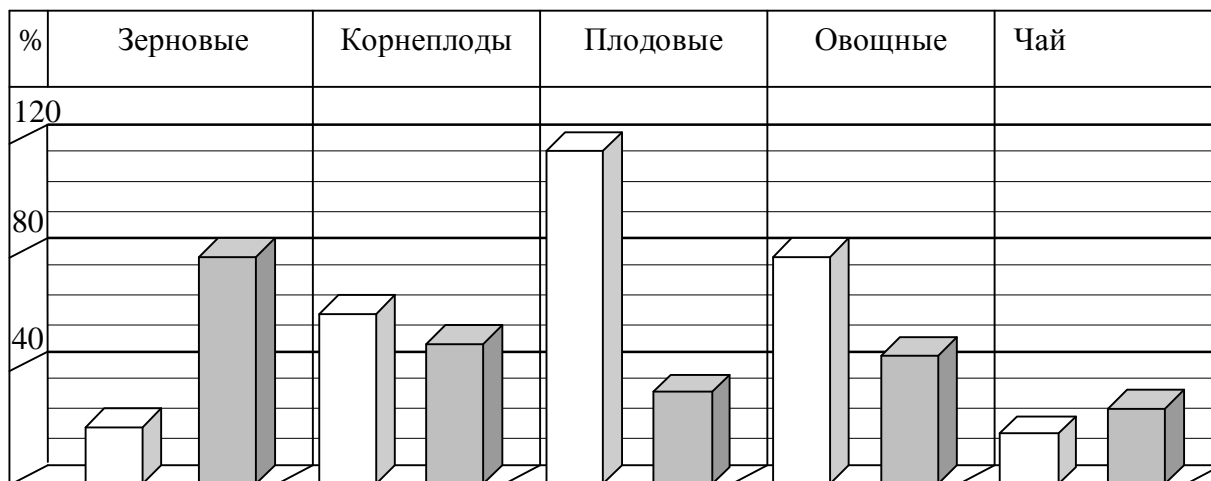




Рис. 2. Агробиологическая эффективность синхронно-импульсного дождевания при возделывании сельскохозяйственных культур в различных регионах стран СНГ:

-  - границы устойчивой прибавки урожая сельскохозяйственных культур;
-  - снижение затрат воды на единицу продукции.

Прибавка урожая на участках СИД по сравнению с традиционным дождеванием при одинаковой оросительной норме составила: на многолетних и однолетних травах – 35 %; чая – 30 %; плодов и ягод – 15-30 %; овощей – 30-50%; сахарной свёклы – 30-35 %; кормовой свёклы – 37 %.

В горных условиях на участках с уклоном до 10-30<sup>0</sup> (Таджикистан), ранее не орошаемых, получены высокие урожаи трав (более 1000 ц/га зелёной массы) с сенокосных угодий. В плодо- и лесопитомниках Казахстана достигнута высокая приживаемость (до 85 %) черенков и саженцев, против 46-60 % на контроле.

УДК 631.347

## АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ПОЛОСОВЫХ ШЛАНГОВЫХ ДОЖДЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЛИВА МАЛЫХ ПЛОЩАДЕЙ

В. В. Тихонов

ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна, Россия

Основным требованием к оросительным системам крестьянских (фермерских) хозяйств является обеспечение условий, гарантирующих получение устойчиво высоких урожаев при любых погодных условиях, при минимальных затратах труда и при высокоэффективном использовании земельных, водных и энергетических ресурсов.

В зарубежной практике разработаны и широко применяются для полива различных культур на небольших мелкоконтурных участках и полях со сложной конфигурацией полосовые шланговые дождевальные установки, осуществляющие полив в движении и позиционный полив в автоматизированном режиме. Все многообразие этих установок базируется на принципе подачи воды от гидрантов закрытых оросительных сетей по длинномерным гибким водоводам, в качестве которых используются либо полиэтиленовые трубы, либо высоконапорные плосковорачиваемые шланги.[1]

В различных странах используются полосовые шланговые дождевальные установки с широким диапазоном расхода воды – от 5 до 50 л/с для полива участков площадью от 5...10 до 50...60 га. К таким установкам относятся дождеватели марки «Sigma» (Чехия), ИДЛ (Болгария), многочисленные типы и модификации полосовых дождевателей фирм «Иррифранс», (Франция), «Бауэр» (Австрия), «Wright Rain» (Великобритания), «Perrot Regnesban GmbH» (Германия), «Ocmis Irrigazion» (Италия), «Lindsay Manufacturing Co», «Angus Irrigation», «John Pett», «Rainmatic Mobile Irrigator» (США).[2]

В практике отечественного сельского хозяйства применяются шланговые дождеватели разработок ФГНУ ВНИИ «Радуга» ДШ-0,6; ДШ-1; ДШ-2, а также иностранного производства вышеперечисленных фирм. В СССР были разработаны шланговые дождевальные установки ДШ-10, ДШ-30, ДДС-30, Агрос-32, Агрос-75 (рис. 1), которые не нашли широкого применения в практике орошаемого земледелия.

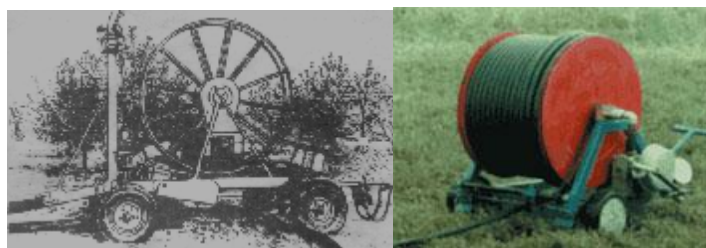


Рис.1. Передвижной шланговый дождеватель  
ДДС-30 (слева) и «Агрос-32» (справа)

Общей конструктивной особенностью полосовых дождевателей является наличие шасси (одноосное или двухосное) на пневматических колесах, на котором обычно монтируется намоточный барабан для шланга, привод движения шасси и привод намоточного барабана, дождевальная аппаратура, который может быть перемещающимся.

По способу и характеру привода рабочего и транспортного движения шасси можно все модели полосовых шланговых дождевателей подразделить на две основных группы:

- шланговые дождеватели первого типа;
- шланговые дождеватели второго типа [3].

У шланговых дождевателей первого типа двухколесное шасси не имеет привода рабочего движения и в процессе полива оно стоит постоянно у гидранта закрытой оросительной сети.

Дождевальная аппаратура (дальнеструйная или среднеструйная), чаще секторного действия, устанавливается на отдельном штативе с колесными опорами или на полозьях с возможностью регулирования ширины колеи штатива и высоты расположения дождевальной аппаратуры. Стояк дождевальной аппаратуры подключается к свободному концу шланга и штатив вместе с дождевальной аппаратурой в процессе полива автоматически перемещается за счет намотки шланга на намоточный барабан. Рабочий привод намоточного барабана чаще всего гидравлический (гидроцилиндр поршневой, сильфонный или гидротурбинный) с системой механических передач, иногда от двигателя внутреннего сгорания или от электропривода. Ускоренная намотка шланга может осуществляться от вала отбора мощности трактора, используется для перебазирования дождевателя с позиции на позицию или с одного поля на другое. Система автоматики обеспечивает прекращение водоподдачи к дождевальной аппаратуре в конце полива, при падении давления ниже требуемого, при неправильной намотке шланга на барабан; сливной клапан или компрессор обеспечивает удаление воды из шланга после окончания полива на поливаемой полосе, а саморегулирующийся клапан перед входом воды в дождеватель предотвращает возникновение гидроудара.

Шланговые дождеватели второго типа с гибким полиэтиленовым трубопроводом отличаются тем, что трех- или четырехколесные шасси имеют привод рабочего движения и в процессе полива самостоятельно передвигаются по поливаемой полосе за счет энергии потока оросительной воды. На раме шасси смонтирован барабан для намотки шланга, тяговая лебедка с тросом, гидропривод, дождевальная аппаратура. Передние колеса шасси управляются водилом и обеспечивают заданное направление движения дождевателя по тросу. Гибкий шланг свободным концом подключается к гидранту закрытой оросительной сети и в процессе полива сматывается с барабана и укладывается по поливаемой полосе. Рабочее движение дождевателя по полосе осуществляется от тяговой лебедки тросом, свободный конец которого закоривается в конце поливаемой полосы, соответствующей заданной поливной норме. Перебазировка дождевателя на другую рабочую позицию или на другое поле производится трактором.

Полусамходные дождеватели с плосковорачиваемым шлангом также монтируются, как правило, на четырехколесном шасси с управляемыми передними колесами. На шасси, как и у дождевателей второй группы, смонтирован намоточный барабан, тяговая лебедка с тросом, гидропривод (цилиндровый, турбинный) лебедки, компрессор и дальнеструйный дождевальная аппарат. Передние колеса управляются водилом и обеспечивают движение дождевателя по тросу. При поливе рабочее движение дождевателя осуществляется от гидропривода тяговой лебедкой, обеспечивая движение в автоматизированном режиме со скоростью, определяемой величиной поливной нормы. Намоточный барабан может размещаться как в вертикальной плоскости, например, у BAUER, так и в горизонтальной плоскости, например у дождевателей фирмы «Angus Irrigation» (США) (рис.2); у ряда моделей используются двух- и трехколесные шасси. В отличие от дождевателей второй группы в процессе автоматизированного полива плосковорачиваемый шланг не наматывается на барабан, а протаскивается по полю, образуя петлю. После окончания полива на полосе шланг освобождается при помощи компрессора от воды и наматывается на барабан, вращение которого осуществляется или от вала отбора трактора, или от гидродвигателя. После намотки шланга и троса дождеватель трактором перемещается на другую рабочую позицию или на другое поле.

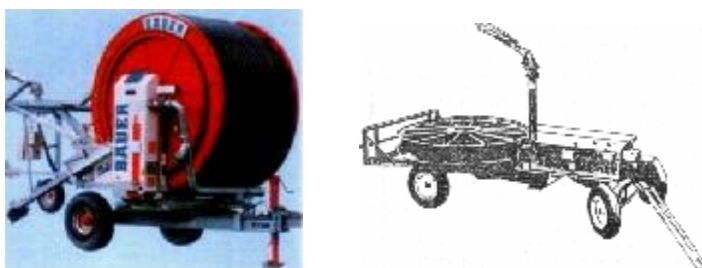


Рис. 2. Вертикальное и горизонтальное расположение намоточного барабана у шланговых дождевателей

Самходные шланговые полосовые дождеватели с гибким полиэтиленовым шлангом, в отличие от полусамходных, имеют дополнительно автономный двигатель внутреннего сгорания. Конструктивно эти дождеватели выпускаются двух типов: с продольным или поперечным размещением намоточного барабана в вертикальной плоскости. На четырехколесном шасси смонтированы гидропривод (чаще турбинный) и механизмы передачи движения на ведущие колеса шасси и на привод вращения намоточного барабана, дождевальная аппарат, автоматизированная система контроля движения шасси по шлангу, раскладываемому по полосе полива. Полив осуществляется автоматизированно в движении со скоростью, соответствующей поливной норме, от гидропривода. Раскладка гибкого шланга по поливаемой полосе и переезд на другую рабочую позицию или на другое поле осуществляется при помощи автономного двигателя внутреннего сгорания.

В последнее время появились модели полосовых шланговых дождевателей, у которых вместо одного дальнеструйного дождевального аппарата устанавливается два-три среднеструйных аппарата или дождевой пояс в виде простейшей двухконсольной облегченной фермы, в том числе многосекционной, с короткоструйными дождевальными насадками. Такие фермы устанавливаются либо на штативах (салазках) дождевателей стационарного типа, либо – на шасси моделей дождевателей самоходного и полусамоеходного типа. Это обеспечивает снижение давления воды, улучшение структуры дождя, большую устойчивость к ветровому воздействию, высокую равномерность распределения слоя дождя по орошаемой полосе.

В Российской Федерации дождевальные установки и агрегаты аналогичных типов промышленностью не выпускаются, хотя в бывшем СССР было разработано несколько типов шланговых дождевателей полосового действия, в том числе стационарного типа ДШ-10 и ДШ-30 и полусамоеходный типа ДДС-30, Агрос-32, Агрос-75, а для полива селекционных участков ДНК-22.

Основные принципиальные схемы самоходных шланговых дождевателей представлены на рисунке 3. В зависимости от вида шланга (что, в свою очередь, обуславливает конструкцию и технологию работы самоходного шлангового дождевателя) они подразделяются на два типа: с плоскостворачиваемым рукавом (вариант 1, рис.3) и с полиэтиленовым шлангом (вариант 2, 3, 4).

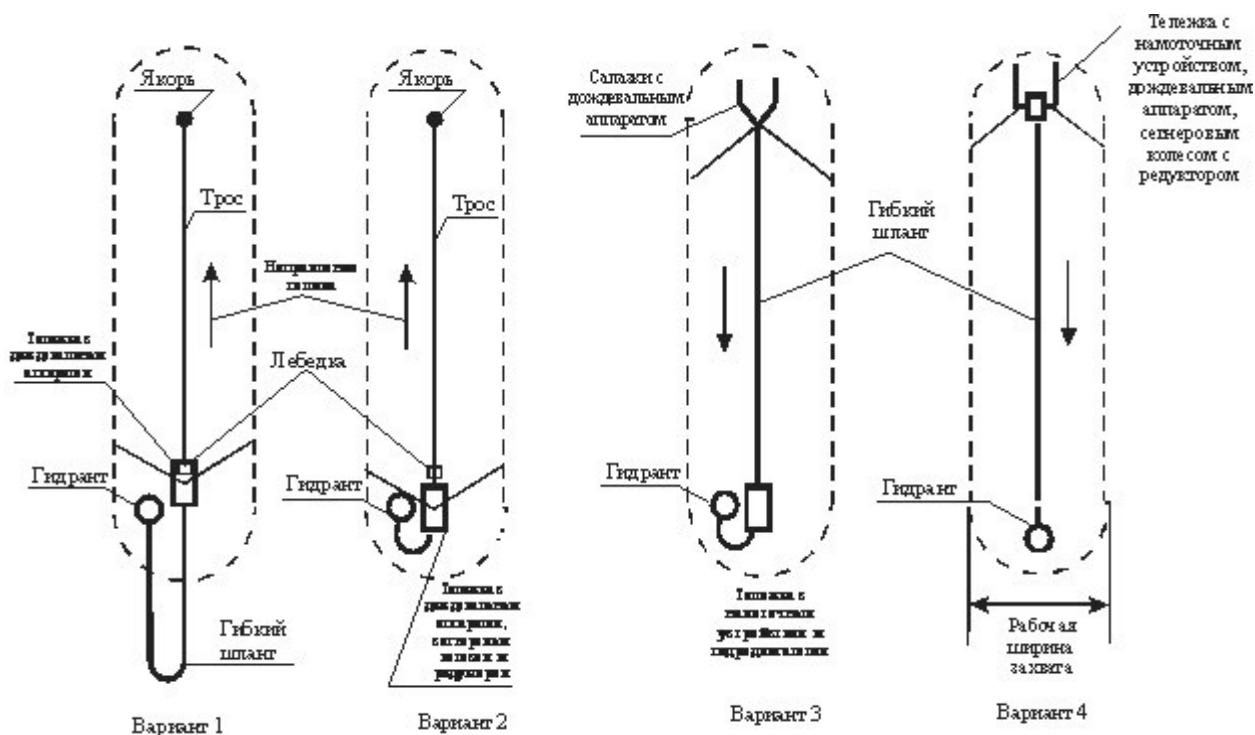


Рис. 3. Основные технологические схемы работы самоходных шланговых дождевателей

Наибольшее распространение получили 2 и 3 варианты шланговых дождевателей с диаметрами шлангов от 40 до 135 мм и расходом воды от 1,6...2,5 л/с до 30...47 л/с.

К основным недостаткам шланговых дождевателей отечественного и зарубежного производства следует отнести: потребность в транспортном средстве для их перемещения с позиции на позицию; необходимость обеспечения высокого давления воды на входе; низкое качество создаваемого искусственного дождя.

Основные направления совершенствования шланговых дождевателей могут быть следующими:

- снижение потерь напора в питающем шланге;
- повышение КПД и упрощение конструкций привода;
- улучшение качественных характеристик дождя;
- замена металлоконструкций новыми материалами для снижения материало- и энергоемкости;
- повышение срока службы дождевателей;
- совершенствование конструкции опорных оснований дождеобразующих устройств с целью использования установок на больших уклонах;
- изменение характера труда оператора за счет внедрения микропроцессорной техники и полной автоматизации полива.

Литература.

1. Мелиоративная энциклопедия. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003.-Т.1(А-К).-с.438
2. Проспекты зарубежных и отечественных фирм и предприятий.
3. Винокур Е.Я., Рязанцев А.И., Лапидовский А.К., Евтюхин В.И. Полосовые шланговые дождеватели. Мелиорация и водное хозяйство: обзорная информация /ЦБНТИ Госконцерна «Водстрой», - М., 1991.

УДК 635.64:631.674.6

## **ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНИКИ ПОЛИВА И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЖИМА ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ**

Е.А. Ходяков, П.И. Кузнецов  
ВНИИОЗ, Волгоград, Россия

В связи с обострившимся дефицитом пресной воды в отдельных регионах мира все активнее осуществляется поиск ресурсосберегающих способов орошения, одним из которых является капельное.

Для любого способа орошения ведущие ученые-мелиораторы, такие как А.Н. Костякова [1], Б.Б. Шумаков [2], М.Н. Багров [3], И.П. Кружилин [4], М.С. Григоров [5] и др., считают поливную норму основным элементом техники полива. При установлении поливной нормы в каждом конкретном случае определяются водно-физические свойства почвы и учитываются биологические особенности сельскохозяйственных культур.

В орошаемом земледелии базовой для расчета поливных норм при любом способе полива является формула А.Н. Костякова [1]:

$$m = 100 \cdot h \cdot \alpha \cdot (W_{\text{нв}} - W_{\text{п}}), \quad (1)$$

где  $m$  – поливная норма, м<sup>3</sup>/га;  $h$  – глубина активного слоя, м;  $\alpha$  – плотность почвы, т/м<sup>3</sup>;  $W_{\text{нв}}$  и  $W_{\text{п}}$  – средняя влажность активного слоя почвы, соответственно при наименьшей влагоемкости и перед поливом, % от массы сухой почвы.

Специфические особенности капельного орошения, связанные с локальным увлажнением почвы, не позволяют применить общеизвестную формулу (1) А.Н. Костякова для определения величины поливных норм вегетационных поливов, поскольку часть площади остается неувлажненной.

Для садов, согласно СНиП 2.06.03-85 “Капельное орошение” [6] поливная норма определяется по формуле:

$$m_{\text{yu}} = 100 \cdot h \cdot \alpha \cdot S \cdot (W_{\text{yd}} - W_{\text{g}}), \quad (2)$$

где  $m_{\text{yu}}$  – поливная норма, м<sup>3</sup>/га;  $S$  – доля площади, подлежащая увлажнению;

$h$  – глубина активного слоя почвы, м;  $\alpha$  – плотность почвы, кг/м<sup>3</sup>;  $W_{\text{нв}}$  и  $W_{\text{п}}$  – средняя влажность активного слоя почвы, соответственно при наименьшей влагоемкости и перед поливом, % от массы сухой почвы.

$$S = (n \cdot W) / (a \cdot b), \quad (3)$$

где  $n$  – число капельниц (водовыпусков) под одним растением;  $W$  – площадь увлажнения одним водовыпуском, м<sup>2</sup>;  $a$  – расстояние между деревьями, м;  $b$  – расстояние между рядами деревьев, м.

В соответствии с “Дополнением к СНиП 2.06.03-85. “Капельное орошение” [7] при тех же составляющих поливная норма ( $m_{\text{нг}}$ ) в условиях локального увлажнения почвогрунта определяется по формуле:

$$m_{\text{нг}} = 10 \cdot h \cdot \alpha \cdot S \cdot (W_{\text{нв}} - W_{\text{п}}).$$

Это практически та же формула (2), только  $m_{\text{нг}}$ ,  $W_{\text{нв}}$ ,  $W_{\text{п}}$  измеряются в миллиметрах.

Величину поливной нормы при очаговом и полосовом капельном орошении О.Е. Ясониди [8] рекомендует определять по зависимости:

$$m = 100 \cdot h \cdot \alpha \cdot K_{\text{к}} / (2,0 - 2,0 K_{\text{к}} + K_{\text{к}}^2)^{0,5} \cdot (\beta_{\text{в}} - \beta_{\text{н}}), \quad (4)$$

где  $m$  – поливная норма, м<sup>3</sup>/га;  $h$  – глубина очага увлажнения, м;  $\alpha$  – плотность расчетного слоя почвы, т/м<sup>3</sup>;  $\beta_{\text{в}}$  и  $\beta_{\text{н}}$  – верхний и нижний пределы средней влажности почвы в объеме контура увлажнения, % от массы почвы;  $K_{\text{к}}$  – доля площади питания, увлажняемая при поливе (табл. 1)

Н.А. Мосиенко [9] рекомендует поливную норму ( $m$ ) для капельного орошения определять по следующей формуле:

$$m = E \cdot K_{\text{б}} \cdot K_{\text{п}} \cdot n \quad (5)$$

где  $K_{\text{б}}$  – биологический коэффициент;  $K_{\text{п}}$  – отношение между увлажняемой и общей площадью участка орошения;  $n$  – межполивной период, сут.

Нами предлагается влажностный метод определения поливной нормы. Он базируется на использование известной связи между влажностью почвы в весовых и объемных процентах

$$W_{\text{v}} = W \cdot d, \quad (6)$$



где  $W_v$  - влажность почвы в объемных процентах;  $W$  – влажность почвы в весовых процентах, то есть в процентах от веса абсолютно сухой почвы;  $d$  – плотность почвы,  $т/м^3$ .

Таблица 1. Параметры локального увлажнения почвы под различными культурами

Возделываемая культура	Глубина распространения массы корней, м	Площадь питания, $м^2$	Характеристика очага увлажнения			Коэффициент, $K_k$
			Глубина, м	Площадь контура увлажнения, $м^2$	Ширина полосы	
Семечковые	0,8-1,0	8-64	0,8-1,0	2-6	1,0-1,5	0,1-0,3
Косточковые	0,6-0,8	8-36	0,6-0,8	2-4	1,0-1,5	0,1-0,3
Ореховые	1,0-1,5	48-64	1,0-1,5	4-6	1,0-1,5	0,1-0,3
Виноградники и хмельники	0,6-1,0	2-4	0,6-1,0	0,6-1,2	0,8-1,2	0,3-0,4
Овощные открытого грунта	0,4-0,5	0,1-0,2	0,4-0,5	-	0,7	0,9-1,0
Овощные в теплицах	0,3-0,4	0,1-0,3	0,3-0,4	0,6-0,18	0,4-0,9	0,6-0,7

Определить значение влажности почвы, задаваясь шириной и глубиной промачивания (в зависимости от фазы развития растений) можно для любой сельскохозяйственной культуры определить поливную норму, требуемые объемы водоподачи и продолжительность полива при капельном орошении (табл. 2).

Таблица 2. Пример режима полива томатов при ширине полосы увлажнения 0,3 м

Слой почвы, м	Показатели элементов техники полива					
	Объем подаваемой воды, $м^3$		Поливная норма $м^3/га$		Время полива	
	5 % НВ	10 % НВ	5 % НВ	10 % НВ	5 % НВ	10 % НВ
0-0,1	0,61	1,23	3,39	6,83	0,12	0,25
0,1-0,2	1,21	2,43	6,72	13,50	0,25	0,50
0,2-0,3	1,79	3,59	9,94	19,94	0,40	0,80
0,3-0,4	2,37	4,75	13,17	26,39	0,50	1,00
0,4-0,5	2,93	5,87	16,28	32,61	0,60	1,20

На основании вышеизложенного метода требуется ежегодно выполнять следующие операции:

1) в начале каждого сезона вегетации определять наименьшую влагоемкость и плотность почвы;

2) в течение вегетации постоянно вести наблюдения за динамикой влажности почвы, производя своевременно поливы для повышения уровня водообеспеченности растений для заданного верхнего порога влажности почвы;

3) для учета развития корневой системы сельскохозяйственных культур вглубь и в стороны, при выборе объема водоподачи, поливной нормы и продолжительности полива, своевременно изменять их величины.

Израильские ученые [10] определяют количество требуемой поливной воды на основании данных испарения с наземного испарителя, закрытого экраном. Использование этого метода требует проведения массовых исследований для определения соотношения (коэффициента) между испарением с водной поверхности и количеством воды, которое используют сельскохозяйственные культуры на каждом этапе их развития (транспирацию) в конкретных почвенно-климатических условиях.

Учеными Всероссийского НИИ орошаемого земледелия [11] разработан метод определения поливных норм для ленточных полосовых поливов, базирующийся на расчете водоподачи в промачиваемый под одну капельницу контур, заданной глубины и ширины полосы увлажнения с дальнейшим перерасчетом на 1 га в зависимости от расстояний между капельницами и увлажнителями.

Объем водоподачи ( $V$ , л или  $\text{м}^3$ ) на любой участок увлажнителя, обслуживаемый одной капельницей определяется по формуле:

$$V = a \cdot b \cdot h \cdot \alpha (W_{\text{вп}} - W_{\text{нп}}), \quad (7)$$

где  $a$  – расстояние между капельницами, м;  $b$  – ширина полосы увлажнения, м;

$h$  – глубина слоя промачивания, м;  $\alpha$  – плотность почвы,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  $W_{\text{вп}}$  и  $W_{\text{нп}}$  – верхний (заданный) и нижний (предполивной) порог влажности почвы, % от массы сухой почвы.

Продолжительность полива ( $t$ , ч) определяется по зависимости:

$$t = V/d, \quad (8)$$

где  $V$  – объем водоподачи, л;  $d$  – фактический расход одной капельницы, л/ч.

Поливная норма ( $m$ ,  $\text{м}^3/\text{га}$ ) находится по следующей зависимости:

$$m = (V_1 \cdot t) / F_1, \quad (9)$$

где  $V_1$  – объем водоподачи в течение одного часа,  $\text{м}^3/\text{г}$ ;  $t$  – продолжительность полива, ч;  $F_1$  – площадь одновременного полива га, находится по формуле:

$$F_1 = b \cdot k \cdot l, \quad (10)$$

где  $b$  – расстояние между капельными линиями, м;  $k$  – количество капельных линий, м;  $l$  – длина капельной линии, м.

Согласно выполненным расчетам (табл. 3) для условий Волго-Донского междуречья после 2-х часов полива томатов влажность почвы в расчетном контуре увлажнения при  $a = 0,4$  м,  $b = 0,6$ ,  $h = 0,5$ ,  $\alpha = 1,29 \text{ т}/\text{м}^3$  из формулы (7) и  $d = 1,55$  л/га из формулы (8) увеличивается от 90 до 98,3 % НВ.

Таблица 3. Изменение влажности почвы после полива в расчетном контуре при различных предполивных порогах влажности

Предполивная влажность почвы, % НВ	Влагозапасы в расчетном контуре, $W_n$		Продолжительность полива, ч	Объем водоподдачи за один полив, л	Конечные влагозапасы в расчетном контуре, $W_k$		
	$m^3$	л			л	$m^3$	% НВ
90	0,0338	33,8	2	3,10	36,90	0,03690	98,3
80	0,0301	30,1	3	4,65	34,75	0,03475	92,6
70	0,0262	26,2	4	6,20	32,40	0,03240	86,4
60	0,0225	22,5	5	7,75	30,25	0,03025	80,6

После 3-х часового полива влажность почвы увеличивается до 80,0 до 92,6 % НВ, после 4-х часов – от 70,0 до 86,4 % НВ, после 5-ти часов – от 60,0 до 80,6 % НВ. Следовательно, с учетом имеющегося испарения и бакового оттока воды за пределы контура увлажнения, своевременные поливы нормой, рассчитанной по формуле (7), позволяют поддерживать влажность почвы в полосе заданного контура увлажнения соответственно в пределах 90-95, 80-90, 70-85, 60-80 % НВ.

#### Литература

1. Костяков А.Н. Основы мелиораций. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 621 с.
2. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: Справочник. Под ред. Шумакова Б.Б. – М.: Колос, 1999. – 432 с.
3. Багров М.Н. Резервы повышения эффективности использования орошаемого поля // Водосберегающие технологии оросительных мелиораций: Сб. науч. тр. ВСХИ. – Волгоград, 1993. – С. 4-14.
4. Кружилин И.П. Управление водным режимом почвы для получения запланированных урожаев при орошении // Сб. науч. тр. Волгоградский СХИ. – Волгоград, 1981. – т. 76. – С. 17-35.
5. Григоров М.С., Боровой Е.П., Ходяков Е.А. Основные факторы, влияющие на продуктивность кормовых культур при внутрипочвенном орошении // Тр. Алтайского гос. аграр. Ун-та. – Барнаул, 2000. С. 50-55.
6. Капельное орошение (пособие с СниП 2.06.03-85). «Мелиоративные системы и сооружения». – Введ. 11.04.86. – М., В/о «Союзводпроект», 1986. – 147 с.
7. Дополнение в СниП 2.06.03-85 «Капельное орошение». Проектирование систем капельного и подкранового орошения на базе технических средств Симферопольского завода. – М., В/о «Союзводпроект», 1988. – 118 с.
8. Ясониди О.Е. Проектирование систем капельного орошения // Тр. НИМИ. – Новочеркасск, 1984. – 101 с.
9. Мосиенко Н.А. Справочник по орошаемому земледелию. – Саратов: Приволж. Кн. Изд-во, 1993. – 432 с.
10. Hauseberg I., Soil-water-plant relationships-Israel, 1995. – p. 5-6.

11. Патент РФ № 2204241 МКИ А 01 G 25/02. Способ определения поливных норм при капельном орошении томатов / И.П. Кружилин и др. – 2001128337/13; Заявл. 18.10.2001, опублик. 20.05.2003.

УДК 631.674

## **ТЕХНОЛОГИИ МАЛООБЪЕМНОГО ОРОШЕНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

Храбров М.Ю.

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Характерным признаком малообъемных способов орошения является подача дозированных поливных норм, согласованных по объему с водопотреблением растений и обеспечивающих поддержание влажности почвы в корнеобитаемом слое в оптимальных пределах благодаря возмещению эвапотранспирации поля за предшествующий период.

Основные признаки, которым должны соответствовать способы малообъемного орошения:

1. Отсутствие глубинного и поверхностного стока.
2. Возможность поддержания водно-воздушного и температурного режимов почвы в оптимальных пределах за счет непрерывной (или с небольшими перерывами) подачи оросительной воды в течение вегетационного периода.
3. Дозирование поливных норм в соответствии с водопотреблением растений за межполивной период (ежедневная поливная норма от 20 до 80 м<sup>3</sup>/га в зависимости от климатических особенностей и суточного водопотребления).
4. Адаптированность оросительных систем к применению на различных уклонах местности и к изрезанному рельефу (системы малообъемного орошения применимы на уклонах от 0,001 до 0,3).
5. Принцип модульного комплектования конструкций оросительных систем (комплекты оросительных систем проектируются на площадь от 1 до 10 га).
6. Взаимозаменяемость отдельных элементов оросительных систем (при изменении состава культур на орошаемых полях имеется возможность, не меняя водопроводящую сеть, изменить только водораспределительные устройства).
7. Соответствие конструкций оросительных систем высокой степени механизации и автоматизации процесса полива.

Анализ способов орошения позволил выделить технологии, которые отвечают вышеперечисленным основным признакам. Эти технологии представлены на морфологической схеме существующих способов орошения (рис. 1).

### Технология капельного орошения и подкоронового микродождевания при выращивании садовых культур

Оптимальными параметрами для развития плодовых культур и виноградарников являются температура воздуха в пределах до 25<sup>0</sup>С и поддержание влажности почвы в корнеобитаемом слое не ниже 70...80% НВ. Для этих культур во всех засушливых зонах обязательен осенний влагозарядковый полив, который производится после уборки урожая.

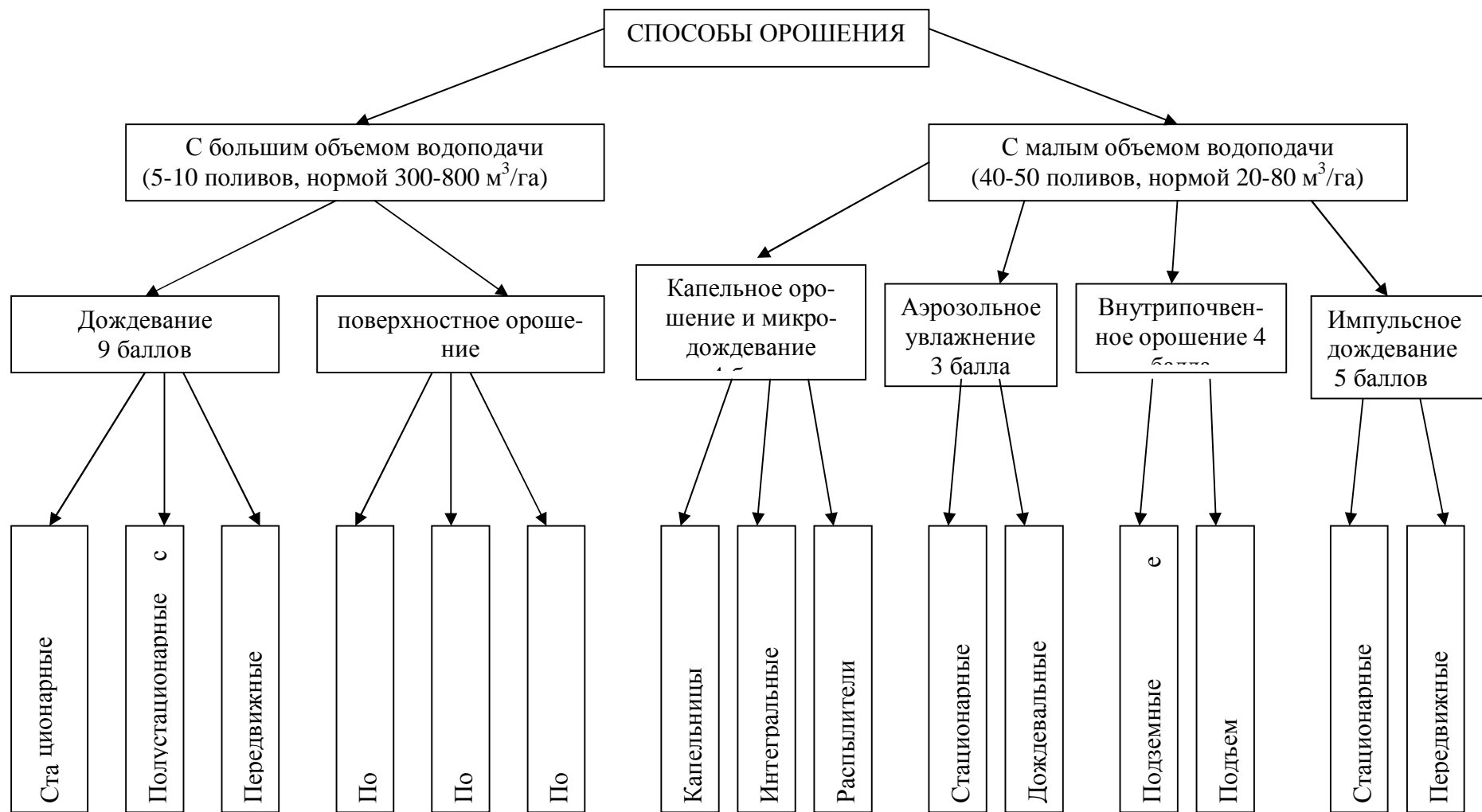


Рис.1. Морфологическая схема существующих способов орошения

Влагозарядковый полив там, где он не давался осенью, можно проводить в сухие весны и перед началом сокодвижения.

Во время вегетационного периода для поддержания оптимальной влажности почвы на каждом этапе развития растений проводятся увлажнительные поливы, частота их проведения может быть ежедневной, или с разрывом в несколько дней. Подачу удобрений, когда это требуется по технологии возделывания культуры, можно совмещать с проведением поливов. Интенсивность водоподдачи увеличивается в наиболее напряженные периоды вегетации с последующим постепенным снижением к фазе созревания плодов. В фазу накопления сахара в плодах необходимо полное прекращение поливов (табл.1).

Таблица 1. Технология капельного орошения и подкоронового микродождевания при выращивании садовых культур

Поливы	Влагозарядковый полив		Вегетационный полив	Вегетационный полив	Вегетационный полив	Вегетационный полив	Вегетационный полив	Вегетационный полив	Вегетационный полив	Влагозарядковый полив
Сельскохозяйственные мероприятия	Обрезка	Культивация ветвей	Опрыскивание растений	Опрыскивание растений	Опрыскивание растений	Опрыскивание растений	Сбор плодов	Начало урожая	Массовый сбор урожая	
Фазы вегетации		Начало движения	Появление и рост	Бутонизация	Цветение	Рост	Налив	Накопление сахара		
Номера операций	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### Технология мелкодисперсного дождевания пшеницы

При возделывании озимой и яровой пшеницы очень важно на каждом этапе органогенеза поддерживать оптимальный уровень содержания влаги в почве. Для озимой пшеницы во всех засушливых зонах обязательны осенний влагозарядковый полив, для яровой пшеницы - весенний. В Нижнем Поволжье число вегетационных поливов колеблется для озимой пшеницы от 3 до 4, для яровой пшеницы - от 4 до 5.

Однако в условиях высоких температур и низкой относительной влажности воздуха растениям не хватает воды даже при достаточном количестве её в почве. Повышение относительной влажности воздуха в период формирования

цветка способствует увеличению их количества и создает благоприятные условия для оплодотворения. Оптимальная для формирования урожая пшеницы температура воздуха 20-24°C. При низкой влажности воздуха имеет место частичная стерилизация цветения, следовательно, и снижение урожайности на 25-30% (табл.2).

Таблица 2. Технология мелкодисперсного дождевания в сочетании с традиционными способами полива при выращивании озимой пшеницы

Номера операций	Фазы вегетации	Сельскохозяйственные приемы	Поливы
1		Вспашка	
2	Сев		Вегетационный
3	Кущение	Весенняя м-ка	
4		Боронование	
5	Выход в трубку	подкормка	полив
6			Вегетационный
7	Стеблевание		Мелкодисперсное дождевание
8			Мелкодисперсное дождевание
9	Колошение		Вегетационный
10			до Мелкодисперсное дождевание
11	Цветение		Мелкодисперсное дождевание
12			полив Вегетационный
13	Налив		Мелкодисперсное дождевание
14	Зерновая е-лость		Мелкодисперсное дождевание
15	Полная спелость	Уборка	полив

### Технология импульсного дождевания кукурузы

Оптимальная для развития кукурузы температура воздуха 20-25°C. Более высокая температура воздуха оказывает неблагоприятное воздействие на развитие растений. Повышение температуры более 25°C и снижение влажности воздуха до 30% во время цветения приводит к потере жизнеспособности пыльцы. Поэтому улучшение фито- и микроклимата при ежедневных круглосуточных поливах синхронно в соответствии с водопотреблением растений системой импульсного дождевания приводит к повышению продуктивности посева и увеличению урожайности зерна на 15-20% (табл.3).

Разработанные технологии малообъемного орошения при выращивании различных сельскохозяйственных культур обеспечивают:

-значительное снижение глубинного и поверхностного сбросов,

-существенное сокращение испарения с поверхности почвы за счет увлажнения только 30% площади, например, при капельном орошении,

-гидромодуль в условиях степной и сухостепной зон близок к величине эвапотранспирации и колеблется в зависимости от климатических условий от 0,3 до 0,8 л/с.га.

Таблица 3. Технология импульсного дождевания при выращивании кукурузы

Номера операций	Фазы вегетации	Сельскохозяйственные мероприятия	Поливы
1		Всходы	
2	Сев	Весенняя д- кормка	Импульсное дождевание
3	всходы		
4	5 листьев	Опрыскивание по подкормка	Импульсное дождевание
5	9 листьев		Импульсное дождевание
6	13 листьев		Импульсное дождевание
7			Импульсное дождевание
8	Вымётывание метелки		Импульсное дождевание
9	Цветение		Импульсное дождевание
10			Импульсное дождевание
11	Молочная спелость		Импульсное дождевание
12			Импульсное дождевание
13			Импульсное дождевание
14	Восковая е- лось	Уборка	
15	Полная е- лось	Уборка на силос	

При малообъёмном орошении обеспечивается равномерное распределение воды в почвенном слое, эффективное использование удобрений и различных средств защиты растений. Создание наиболее благоприятного для роста и развития растений водно-воздушного, питательного режимов почвы, позволяет получать высокие и устойчивые урожаи.

УДК 581.526.426.52

## ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ГАЛОФИТОВ И ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ СОЛЕУСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Н.З. Шамсутдинов

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Около 30% поверхности материков Земного шара, согласно В.А. Ковды (1973) занимают замкнутые, геохимически бессточные территории, где созда-



ются условия для накопления в почвах и грунтовых водах легкорастворимых солей.

Экологические условия засоленных почв и солончаков весьма неоднородны. В зависимости от генезиса, они отличаются характером и степенью засоления, расположением засоленных горизонтов по почвенному горизонту, гранулометрическим составом, плотностью сложения и другими свойствами. Эти земли могут быть успешно освоены с помощью галофитов.

Галофиты – группа экологически и физиологически специализированных видов растений, произрастающих на засоленных почвах, способных пройти полный жизненный цикл, формируя при этом относительно высокую растительную и семенную продукцию.

Растительные ресурсы галофитов имеют большое значение для освоения засоленных земель в качестве кормовых, лекарственных, масличных растений, энергоносителей и растений – биомелиорантов (Aronson, 1989; Шамсутдинов, Шамсутдинов, 1998; Шамсутдинов, 2003).

Мировая флора насчитывает около 2000 видов галофитов (Menzel, Lieth, 1999), которые относятся к 550 родам и 120 семействам. Спектр десяти ведущих семейств по содержанию галофитов (табл. 1) образуют *Chenopodiaceae*, *Poaceae*, *Asteraceae*, *Plumbaginaceae*, *Aizoaceae*, *Cyperaceae*, *Papilionaceae*, *Tamaricaceae*, *Areaceae*, *Zygophyllaceae*, насчитывающие более половины (56,17%) всех видов флоры галофитов мира.

Таблица 1. Количественные показатели ведущих семейств мировой флоры галофитов (на основе анализа данных Aronson, 1989)

Семейства	Количество		% от общего числа галофитов	
	видов	родов	видов	родов
<i>Chenopodiaceae</i>	370	65	23,75	11,82
<i>Poaceae</i>	137	57	8,79	10,36
<i>Asteraceae</i>	69	39	4,43	7,09
<i>Plumbaginaceae</i>	57	5	3,66	0,91
<i>Aizoaceae</i>	53	21	3,40	3,82
<i>Cyperaceae</i>	49	9	3,15	1,64
<i>Papilionaceae</i>	46	23	2,95	4,18
<i>Tamaricaceae</i>	39	3	2,50	0,55
<i>Areaceae</i>	28	16	1,80	2,91
<i>Zygophyllaceae</i>	27	11	1,73	2,00

Наибольшее количество галофитов содержится в семействе маревых *Chenopodiaceae* (23,75%). Существенна роль и других семейств. Так, в мировой флоре семейства *Poaceae* (137 видов), *Asteraceae* (69), *Plumbaginaceae* (57), *Aizoaceae* (53) являются не только исключительно галофильными, но и составляют ядро галофитов во всех флорах земного шара.

Среди полиморфных родов следует выделить *Atriplex* (111), *Limonium* (51), *Tamarix* (37), *Suaeda* (36), *Halosarcia* (23), *Sporobolus* (21), *Maireana* (17), *Frankenia* (15), *Salicornia* (15), *Salsola* (15) и др. 320 родов являются монотипными, что составляет 20,54% от общего числа галофитных видов мировой флоры галофитов.

Анализ флоры галофитов на родовом уровне показывает, что в ее составе насчитывается 550 родов с числом видов в каждом от 1 до 111. Крупнейшие роды мировой флоры галофитов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Количественные показатели крупнейших родов мировой флоры галофитов (на основе анализа данных Aronson, 1989)

Род	Число видов	% от общего числа видов галофитов	Род	Число видов	% от общего числа видов галофитов
<i>Atriplex</i>	111	7,12	<i>Prosopis</i>	13	0,83
<i>Limonium</i>	51	3,27	<i>Puccinellia</i>	13	0,83
<i>Tamarix</i>	37	2,37	<i>Spartina</i>	13	0,83
<i>Suaeda</i>	36	2,31	<i>Arthrocnemum</i>	12	0,77
<i>Halosarcia</i>	23	1,48	<i>Avicennia</i>	12	0,77
<i>Sporobolus</i>	21	1,35	<i>Lycium</i>	12	0,77
<i>Maireana</i>	17	1,09	<i>Pandanus</i>	12	0,77
<i>Frankenia</i>	15	0,96	<i>Sarcocornia</i>	12	0,77
<i>Salicornia</i>	15	0,96	<i>Zostera</i>	12	0,77
<i>Salsola</i>	15	0,96	<i>Eucalyptus</i>	11	0,71
<i>Juncus</i>	14	0,90	<i>Carex</i>	10	0,64
<i>Plantago</i>	14	0,90	<i>Rhizophora</i>	10	0,64
<i>Scirpus</i>	14	0,90	<i>Anabasis</i>	9	0,58
<i>Zygophyllum</i>	14	0,90	<i>Casuarina</i>	9	0,58

Все виды галофитов мировой флоры по отношению к засоленности субстрата и гранулометрическому составу почвы подразделяют, согласно J. Aronson (1989), на гипергалофиты (45,25%), ксерофиты и ксерогалофиты (29,59%), псаммогалофиты (16,69%) и другие группы (часмофиты, сорные, фреатофиты) – 6,35%.

Флора галофитов России насчитывает более 500 (512) видов. Это количество видов относится к 255 родам и 55 семействам.

Спектр ведущих семейств, содержащих наибольшее количество видов галофитных растений образуют *Asteraceae*, *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Fabaceae*, *Cyperaceae*, *Ranunculaceae*, *Brassicaceae*, *Lamiaceae*, *Apiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Polygonaceae*, *Scrophulariaceae*, *Liliaceae*, *Rosaceae*, *Rubiaceae* (табл. 5), которые охватывают более половины (412) всех видов флоры галофитов России. Наибольшее число видов галофитов содержится в семействе *Asteraceae*, составляющей 15,1%. Наряду с этим семейством значительное количество видов имеется в семействах *Poaceae* (62 вида), *Chenopodiaceae* (48), *Fabaceae* (34), *Cyperaceae* (30), *Ranunculaceae* (23), *Brassicaceae* (21), *Lamiaceae* (21), *Apiaceae* (19), *Caryophyllaceae* (18), *Polygonaceae* (15), *Scrophulariaceae* (13), *Liliaceae* (11), *Rosaceae* (10), *Rubiaceae* (10).

Во Флоре галофитов России насчитывается 255 родов с числом видов от 1 до 23. Среди полиморфных можно выделить *Carex* (23), *Artemisia* (15), *Salsola* (9), *Trifolium* (9), *Ranunculus* (9), *Galium* (9), *Astragalus* (8), *Plantago* (8), *Euphorbia* (7), *Limonium* (7), *Polygonum* (7), *Veronica* (7), *Juncus* (6), *Stipa* (6), *Potentilla* (6), что составляет 1,18-4,51% от общего числа галофитов (Шамсутдинов и др., 2000).

Роды, виды и экотипы галофитов – это огромный ресурс селекции для создания солеустойчивых сортов кормовых галофитов.

По данным Д. Пастернака и др. (1986), выращивание ряда галофитов на кормовые цели в чистом виде и смесях при орошении морской водой может обеспечить урожай, равный урожаю орошаемой пресной водой люцерны.

По данным O' Leary (1985), при орошении морской водой высокая урожайность может быть получена от ряда галофитов, например, *Atriplex nummularia*. Наиболее урожайные кормовые растения – галофиты дают от 8 до 17 т/га сухой массы, или выход протеина соответственно 0,6-2,6 т/га, что сопоставимо с люцерной, орошаемой пресной водой.

Опыты показали, что кроме видов рода *Atriplex* важным резервом для круглогодичного производства кормов в условиях деградированных и засоленных земель являются представители родов *Chenopodium*, *Kochia*, *Maireana*, *Salicornia*, *Salsola*, *Suaeda*.

Проведены опыты по выращиванию *Kochia scoparia* в условиях Нижнего Поволжья на вторично засоленных почвах на базе Астраханской опытно-мелиоративной станции. Испытывались 19 образцов *Kochia scoparia*. Наибольшей продуктивностью по сбору сухого вещества и семян отличались образец К-301 (Гузарский район Узбекистана) и образец К-345 (Чарджоу, Туркменистан), давшие 12,3-14,1 т/га сухой кормовой массы и 1,1-1,2 т/га семян.

Как показывает отечественный опыт, основной принцип мелиоративного севооборота состоит в использовании в первые годы галофитов, с последующим переходом к смешанным посевам галофита с кормовой культурой и постепенным, по мере рассоления почвы, увеличением площади под кормовой культурой. При надземной массе 10 т/га галофиты выносят около 4,5 т/га солей. Кроме этого, галофиты, затеняя почву, препятствуют подъему солей из более глубоких слоев в верхние. "Эффект мульчи", создаваемый посевами галофитов, составляет около 2,5 т/га солей. Итого на участке, занятом галофитами, вынос солей из почвы достигает 9 т/га в год (Грамматикати, 1990).

В опыте, выполненном в Голодной степи, показана высокая мелиорирующая роль солодки голой на очень сильнозасоленных почвах. Содержание водорастворимых солей в пахотном слое почвы составило 3,0%, из них ионов хлора – 0,286-0,396 и гумуса – 0,41%. После посадки солодки голой на этом участке в метровом слое почвы количество плотного остатка снизилось до 1,5%, а ионов хлора – до 0,04% (Тухтаев и др., 1991).

Таким образом, опреснение почвы с помощью галофитов является важным способом удаления вредных для культурных растений солей из почвы.

Для этих целей используются ксерогалофильные и галофильные кустарники: тамариск (*Tamarix* spp.), саксаул (*Haloxylon* spp.), солянка Палецкого (*Sal-sola paletzkiana*); полукустарники: прутняк стелющийся (*Kochia prostrata*), камфоросма Лессинга (*Camphorosma lessingii*), полынь солончаковая (*Artemisia halophila*), полынь Лерха (*Artemisia lercheana*), терескен серый (*Eurotia ceratoides*), ксерофильные многолетние травы: житняк сибирский (*Agropyron sibiricum*), ж. пустынный (*A. desertorum*), волоснец сибирский (*Elymus sibiricum*), типчак (овсяница бороздчатая), ковыль Лессинга (*Stipa lessingiana*) и однолетние травы в соотношении 25%:70%:5%. Осенне-зимние пастбища характеризуются высокой устойчивой продуктивностью: в районах с годовой суммой осад-

ков 180-250 мм урожайность сухой кормовой массы составляет 1,0-1,2 т/га, а в районах с годовой суммой осадков 250-350 мм – 1,5-2,0 т/га.

### **Заключение**

1. Растительные ресурсы галофитов природной флоры огромны и имеют большое значение для освоения в культуре в качестве кормовых, лекарственных, масличных растений, в качестве энергоносителей и растений-биомелиорантов. При освоении засоленных, песчаных, такыровидных, полупустынных, подтопленных и периодически затопляемых земель галофиты формируют 8-20 т/га сухого вещества, 1,0-3,5 т/га семян, обеспечивают получение до 1,5-2,5 т/га протеина. Способность галофитов к формированию высокой фитомассы в условиях засоленной среды составляет биологическую основу галофитного растениеводства.

2. Галофитное растениеводство, использующее для производства кормов, лекарственного и масличного сырья культуру галофитов и соленые воды (морская, коллекторно-дренажные и подземные источники) для орошения, может стать крупным источником производства сельскохозяйственной продукции и эффективным средством освоения новых территорий, непригодных для выращивания традиционных сельскохозяйственных культур.

### **Литература**

1. Грамматикати О.Г. Перспективы использования минерализованных вод для орошения галофитов. Мелиорация и водное хозяйство. 1990, 9.
2. Ковда В.А. Основы учения о почвах. Кн. 2, – М., 1973: 468.
3. Тухтаев Б.Е., Халилов А.М., Хайдаров Н. Изучение изменения некоторых агрохимических свойств сильнозасоленной почвы под влиянием солодки // Изучение и использование солодки в народном хозяйстве СССР, Алма-Ата: Гылым, 1991: 100-102.
4. Шамсутдинов З.Ш., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. Галофиты России, их экологическая оценка и использование. – М., 2000: 399.
5. Шамсутдинов Н.З. Генетические ресурсы галофитов и перспективы их использования в интродукции и селекции // Адаптивные системы и природоохранные технологии производства сельскохозяйственной продукции в аридных регионах Волго-Донской провинции – М.: Современные тетради, 2003: 295-303.
6. Шамсутдинов Н.З., Шамсутдинов З.Ш. Мировые растительные ресурсы галофитов и проблемы их многоцелевого использования в сельском хозяйстве. Сельскохозяйственная биология. Сер. Биология растений, 1998, 1: 3-17.
7. Aronson J. Haloph. A data base of salt tolerant plants of the World. Office of Arid Lands Studies. The University of Arizona. – Tucson, 1989: 77.
8. Menzel U., Lieth H. Annex.4: Halophyte database Vers.2 // In: Lieth H., Moshenko M., Lohman M., Kouyrou H-W., Hamdy A. (eds.): Halophyte uses in different climate. 1. Ecological and ecophysiological studies. Progress in Biometeorology. V. 13 – Leiden, Backhuys Publishers – 1999: 258.
9. O'Leary J.W. Halophytes. Arizona Land and People, 1985, 36, 3: 15.
10. Pasternak D., Aronson J.A., Ben-Dove J., Forti M., Mendlinger S., Nerd A., Sitton D. Development of new arid zone crops for the Negev desert of Israel. J. of Arid Environment, 1986, 11, 1: 37-59.

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ  
ХЛОПЧАТНИКА НА ФОНЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА**

А.В. Шуравилин  
РУДН, Москва, Россия

Орошение хлопчатника из-за несовершенства техники и технологии поверхностного полива сопровождается большими потерями воды и неравномерностью увлажнения по площади, особенно на фоне вертикального дренажа, где интенсивность дренирования полей зависит от их удаления от скважины. В связи с этим нами были проведены полевые исследования с целью разработки более совершенной водосберегающей технологии бороздкового полива с учетом различной дренированности земель, обеспечивающей снижение расхода оросительной воды, равномерное увлажнение почвы, сохранение ее плодородия, уменьшение степени засоления почвогрунтов и повышение урожайности хлопчатника на староорошаемых серозёмно-луговых почвах Голодной степи.

Полевой опыт проводился в 1993-1995 гг. на среднесуглинистых серозёмно-луговых почвах колхоза «Ахмат Ясави» Джетысайского района Чимкентской области республики Казахстан. Верхний слой почвы (0- 40 см) характеризуется высоким содержанием гумуса (0,73%), слабощелочной реакцией (рН 7,6) малой емкостью поглощения (8,65 мг.экв./100 г), невысоким содержанием азота и фосфора (0,07 и 0,18%) и высоким количеством калия (2,06%). В метровом слое почвы плотность твердой фазы, плотность сложения и пористость соответственно составляли 2,58 г/см<sup>3</sup>, 1,40 г/см<sup>3</sup> и 45,8 %, а наименьшая влагоёмкость и максимальная гигроскопичность – 21,7 и 4,4 %.

Опыт заложен по единой схеме полива (табл. 1), как в зоне интенсивного действия вертикального дренажа на расстоянии до 210 м от скважины (участок 10), так и вне этой зоны на расстоянии 600-800 м от вертикальной скважины (участок 2).

Борозды нарезают в направлении скважины с уклоном 0,001-0,002 для увеличения равномерности увлажнения в зоне интенсивного действия дренажа, подачу воды осуществляли в головную часть борозды, которая размещалась на максимальном удалении от скважины.

Как показали исследования, вертикальный дренаж создаёт неравномерность скорости фильтрации по площади (200-250 мм/сут на расстоянии 10-20 м от скважины, 130-160 мм/сут на расстоянии 200-250 м и до 100-130 мм/сут на расстоянии 400-500 м) и неодинаковое впитывание воды по длине борозды. Поэтому для повышения равномерности увлажнения по длине поливной борозды в зоне эффективного действия дренажа (до 250 м) необходимо осуществлять ориентацию борозд. При этом головные участки борозд следует располагать на максимально возможном удалении от вертикальных скважин.

Таблица 1. Схема опыта

№№	Варианты опыта
1	Полив в каждую борозду с постоянным расходом ( $q = 0,6$ л/с)
2	Полив в каждую борозду с переменным расходом: в период добегаания 0,8 л/с и в период доувлажнения 0,4 л/с ( $q = 0,8/0,4$ л/с)
3	Полив с переменным расходом ( $q = 0,8/0,4$ л/с) через борозду до цветения, с последующими поливами в каждую борозду
4	Все вегетационные поливы через борозду переменным расходом ( $q = 0,8/0,4$ л/с).
5	Полив в каждую борозду с постоянным расходом ( $q = 0,6$ л/с) с обработкой ложа борозды (первая треть длины уплотнена, последняя треть разрыхлена).

Поливы через междурядья способствовали улучшению водно-физических свойств почвы. По сравнению с поливом постоянной струёй плотность сложения почвы в слое 0-30 см снижается на  $0,01 \dots 0,06$  г/см<sup>3</sup>, общая скважность увеличивается на  $0,5 \dots 1,2\%$ , а водопроницаемость на  $10 \dots 15\%$ .

Агрегатный состав и водопрочность серозёмно-луговых почв также изменялась в зависимости от технологии полива и интенсивности дренирования. Поливы через междурядья переменным расходом улучшают агрегатный состав почвы по сравнению с поливом постоянным расходом в каждую борозду. В пахотном слое (0-30 см) количество водопрочных микроагрегатов составляло  $16,1 \dots 16,7\%$ , агрономически ценных агрегатов –  $62,3 \dots 64,9\%$ , коэффициент структурности –  $1,65 \dots 1,85$ .

Ориентация борозд в зоне интенсивного действия дренажа (участок 1) улучшает водно-физические свойства, повышая содержание агрономически ценных агрегатов на  $2,6\%$ , коэффициент структурности на  $0,2$ , а водопрочных агрегатов на  $0,6\%$ , пористость на  $0,7\%$ , водопроницаемость на  $20 \dots 25\%$  и уменьшает плотность сложения на  $0,03$  г/см<sup>3</sup>.

Уровень залегания грунтовых вод в основном определяется интенсивностью дренажа. В среднем за три года на участке 1 глубина залегания грунтовых вод за вегетационный период составляла 334-336 см, а на участке 2 – 254-258 см. Таким образом, на участке 1 грунтовые воды в среднем за вегетацию опускались на 79 см ниже, чем на участке 2. На участке 1, в зоне эффективного действия дрены, средняя минерализация грунтовых вод составляла  $2,76$  г/л по сухому остатку солей и  $0,276$  г/л по хлор-иону, а на участке 2 с умеренной дренированностью – соответственно  $3,59$  и  $0,335$  г/л. Грунтовые воды в начале вегетации были слабоминерализованными, а в конце – среднеминерализованными с хлоридно-сульфатным типом засоления.

В зависимости от технологии полива и особенностей дренированности земель изменялись нормы и сроки поливов хлопчатника. При поливах как посто-

янной так и переменной струёй в каждую борозду относительная норма была наибольшей и в среднем составляла 3460-3474 м<sup>3</sup>/га на участке 1 и 2553-2576 м<sup>3</sup>/га на участке 2 (табл.2). Проведение поливов через борозду до цветения, а далее в каждую борозду способствовало снижению оросительной нормы на 5...8 %. Наименьшая оросительная норма наблюдалась в варианте 4 при поливах через борозду переменной струёй. На участке 1 она составляла 2600 м<sup>3</sup>/га, а на участке 2 –1937 м<sup>3</sup>/га, или была ниже, чем при поливах в каждую борозду на 32,4-33,3 %.

Таблица 2.Нормы и сроки поливов хлопчатника (среднее за 1993-1996 гг.)

№№ вар.	Поливы				Схема полива	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
	1	2	3	4		
Участок 1						
1	<u>837</u> 21-24.06	<u>867</u> 5-8.07	<u>883</u> 18-21.07	<u>887</u> 2-4.08	1-3-0	3474
2	<u>837</u> 21-24.06	<u>857</u> 8-10.07	<u>890</u> 21-27-4.07	<u>877</u> 6-8.08	1-3-0	3461
3	<u>640</u> 21-24.06	<u>870</u> 6-8.07	<u>887</u> 19-20.07	<u>883</u> 3-4.08	1-3-0	3280
4	<u>640</u> 21-24.06	<u>650</u> 6-8.07	<u>650</u> 18-19.07	<u>660</u> 1-2.08	1-3-0	2600
5	<u>837</u> 21-24.06	<u>860</u> 9-11.07	<u>883</u> 23-26.07	<u>880</u> 7-10.08	1-3-0	3460
Участок 2						
1	<u>843</u> 25-29.06	<u>863</u> 13-16.07	<u>870</u> 30-31.07		1-2-0	2576
2	<u>840</u> 25-29.06	<u>853</u> 14-18.07	<u>870</u> 1.08		1-2-0	2563
3	<u>637</u> 25-29.06	<u>867</u> 13-15.07	<u>870</u> 29-31.07		1-2-0	2374
4	<u>637</u> 25-29.06	<u>647</u> 12-15.07	<u>653</u> 27-29.07		1-2-0	1937
5	<u>833</u> 25-29.06	<u>857</u> 15-18.07	<u>863</u> 3-5.08		1-2-0	2553

Примечание: числитель – средняя норма полива, м<sup>3</sup>/га, знаменатель – сроки полива в годы исследований

Это обусловлено тем, что при поливах через борозду поливная норма в среднем снижалась до 640...660 м<sup>3</sup>/га по сравнению с 840...890 м<sup>3</sup>/га при поливах в каждую борозду. В зоне интенсивного действия дренажа оросительная норма была выше в среднем на 903 м<sup>3</sup>/га или 35,2% при поливах в каждую борозду и на 663 м<sup>3</sup>/га или на 34,2% при поливах через борозду, по сравнению с зоной умеренного действия дренажа.

В период вегетации хлопчатника оптимальный режим влажности активного слоя почвы поддерживался четырьмя поливами по схеме 1-3-0 с 21-24 июня по 2-10 августа в зоне интенсивного действия дренажа и тремя поливами по схеме 1-2-0 с 25-29 июня по 5 августа в зоне умеренного действия дренажа.

В целом поливы через борозду сокращают затраты оросительной воды по сравнению с поливами в каждую борозду на 32,4-33,3%, а улучшение дренированности - на 34,2-35,2%. Распределение влажности в поливаемых и неполиваемых бороздах показало, что глубина увлажнения почвы варьировала от 75-80 см в неполиваемых междурядьях до 100-110 см в поливаемых.

Солевой режим почвы также изменялся в зависимости от технологии полива. Наиболее высокое засоление почв отмечалось в варианте 4, где все поливы проводились через борозду. Содержание солей сухого остатка в метровом слое почвы составляло 0,295% и осенью 0,416% (участок 1), а на участке 2 – 0,346% и 0,508%. При этом сумма токсичных солей от весны к осени возросла с 0,163% до 0,252% и с 0,0192% до 0,279% соответственно на участках 1 и 2. В целом на фоне влагозарядково-промывного полива в зоне эффективного действия дренажа почва как весной, так и осенью оставалась на уровне слабого засоления, а при умеренной дренированности к осени приблизилась к уровню средней засоленности.

Наименьшее количество солей было отмечено при поливе переменной струёй в каждую борозду, особенно в придренной зоне. В метровом слое почвы от весны к осени содержание сухого остатка увеличилось с 0,225% до 0,342%, хлор-иона с 0,009% до 0,018% и токсичных солей с 0,137% до 0,207%. В зоне умеренного действия дренажа их количество было больше на 13-19% по сухому остатку и сумме токсичных солей и на 16-22 % по хлор-иону.

Поливы постоянной струёй при дифференцированном управлении ложа борозды (вар. 5) заметно не изменяли солевой режим почвы по сравнению с естественным уплотнением ложа борозды (вар.1).

При поливах как постоянной, так и переменной струёй в каждую борозду почва в течение вегетационного периода оставалась слабозасоленной. В среднем на участке 1 с более высокой степенью дренированности содержание солей сухого остатка в метровом слое почвы составляло 0,321%, в том числе сумма токсичных солей – 0,186%, а на участке 2 с умеренной дренированностью - соответственно – 0,362% и 0,214% или на 13-15% больше. Более сильное засоление почв при поливах через борозду происходило за счет накопления солей в неполиваемых бороздах. Однако применяемые технологии в целом заметно не ухудшали солевой режим почвы. Она изменялась в пределах 306-360 м<sup>3</sup>/га на первом участке и 268...302 м<sup>3</sup>/га на втором. Средние поливные нормы по длине борозды на первом и втором участке составляли соответственно 650...868 и 646...859 м<sup>3</sup>/га и существенно не различались. Максимальные значения поливной нормы 1065...1124 м<sup>3</sup>/га были отмечены в голове борозды на первом варианте обеих участков, минимальные в конце борозды в варианте 4 - 583...567 м<sup>3</sup>/га (табл.3).

Таблица 3. Динамика поливной нормы по длине борозды м<sup>3</sup>/га



(среднее за 1993-1995 гг.)

Вариант опыта	Участок 1				Участок 2			
	Размещение створа измерения							
	Голова борозды	Середина борозды	Конец борозды	среднее	Голова борозды	Середина борозды	Конец борозды	среднее
1	1065	846	691	868	1124	801	652	859
2	929	867	799	865	988	813	761	854
3	907	809	749	820	903	802	668	791
4	702	665	583	650	744	627	567	646
5	982	867	746	865	1030	833	690	851

Отмеченные в опыте различия полива по вариантам нашли отражение в равномерности увлажнения поливных борозд, которая характеризуется коэффициентом равномерности увлажнения. Максимальная равномерность увлажнения по длине борозды ( $K_p=0,86$ ) получена при комплексном воздействии на технику полива, изменении расхода в голове борозды от 0,8 до 0,4 л/с, подачи оросительной воды в каждую борозду и удалении головы борозды от скважины до 210-250 м. Близкий показатель равномерности увлажнения ( $K_p=0,83$ ) был отмечен в тех же условиях при подаче воды через борозду.

Минимальная равномерность увлажнения 0,58 была зафиксирована вне зоны интенсивного действия скважины (участок 2) при подаче постоянного расхода 0,6 л/с в голове борозды с необработанным ложем. На участке 2 вариант с переменным расходом 0,8/0,4 л/с в голове борозды и поливом в каждую борозду обеспечивает максимальную равномерность увлажнения – 0,77. Близкий показатель дает вариант с переменным расходом в голове борозды и подачей воды через борозду 0,76.

Аналогичная картина отмечается и на участке вблизи скважины. По равномерности увлажнения близки варианты с поливом переменным расходом. Варианты 1, 5 дают более низкую равномерность увлажнения. Ориентированное направление борозд концевыми частями к скважине в зоне ее интенсивного действия (удаление менее 250 м) существенно повышает равномерность увлажнения.

Средний коэффициент равномерности увлажнения на первом участке составил 0,78 против 0,70 на втором. Максимальный эффект дает полив переменным расходом и подачей воды в каждую борозду, коэффициент равномерности 0,82 (по двум участкам). Полив через борозду дает близкий результат (в среднем по участкам – 0,80).

Сходимость рассчитанных и опытных значений равномерности увлажнения удовлетворительная (табл. 4).

Таблица 4. Элементы техники полива по вариантам опыта (опытные и рассчитанные)

№№ варианта	Участок 1			Участок 2		
	Время полива, час	Коэффициент равномерности увлажнения		Время полива, час	Коэффициент равномерности увлажнения	
		рассчитанный	опытный		рассчитанный	опытный
1	7,23	0,7	0,65	7,17	0,60	0,58
2	8,57	0,85	0,86	8,85	0,76	0,77
3	9,25	0,80	0,82	10,18	0,71	0,74
4	13,92	0,82	0,83	14,40	0,73	0,76
5	7,22	0,81	0,76	7,10	0,64	0,67

Чтобы головные части борозд находились на максимальном удалении от скважины повышение равномерности увлажнения по длине борозды можно найти из формулы:

$$\eta_{\lambda} = \frac{V_{\delta} [ \alpha_k ( t_n - t_{\lambda} ) - \alpha_{\Gamma} t_n ]}{K_0 [ t_n^{1-\alpha} - ( t_n - t_{\lambda} )^{1-\alpha} ]}$$

где  $V_{\delta}$  – скорость фильтрации на удалении  $\delta$  от скважины;  $\alpha_k$ ,  $\alpha_{\Gamma}$  – коэффициенты равномерности скорости фильтрации;  $t_n$  – время полива;  $t_{\lambda}$  – время добега;  $\alpha$  – показатель степени зависящей от свойств почвы, ее обработки и начальной влажности.

Анализ формулы показывает, что ориентация борозд по направлению скважины повышает равномерность увлажнения по длине борозды. Результаты теоретических проработок были проверены в полевых опытах.

Изучаемые факторы оказали существенное влияние на урожайность хлопчатника. Максимальная урожайность хлопчатника (3,59 т/га) получена на втором варианте первого участка, минимальная (2,02 т/га) – на первом варианте второго участка. На 2,3 и 4 вариантах с поливом переменной струёй урожайность хлопчатника сходная (3,54 – 3,59 т/га на участке 1 и 3,0-3,09 т/га на участке 2).

Обработка ложа борозды повышает урожайность с 2,71 до 3,33 т/га на первом и с 2,02 до 2,93 т/га на втором участке. Полив через борозду незначительно снижает урожайность хлопчатника. Неравномерность увлажнения по длине борозды также отражалась на урожайности. Максимальная неравномерность в урожае отмечена на первом варианте второго участка (2,86 в голове борозды против 1,32 т/га в её конце). Полив переменной струёй снижает неравномерность в урожайности по длине борозды (93,86 в голове и 3,34 т/га в конце борозды на первом участке, 3,37 и 2,93 т/га на втором участке) (табл.5).

Таблица 5. Урожайность хлопчатника по вариантам опыта, т/га (средняя за 1993-1995 гг.).

№№ вар.	Участок 1				Участок 2			
	Размещение учетной делянки							
	Начало борозды	Середина борозды	Конец борозды	Среднее	Начало борозды	Середина борозды	Конец борозды	Средн
1	3,24	2,68	2,26	2,71	2,80	1,88	1,32	2,02
2	3,85	3,45	3,47	3,59	3,41	3,10	2,76	3,09
3	3,81	3,60	3,27	3,56	3,38	2,92	2,82	3,04
4	3,78	3,55	3,29	3,54	3,32	2,77	2,94	3,01
5	3,56	3,55	2,88	3,33	3,58	2,95	2,26	2,93

$HC_{P_{05}}$  изменялась от 0,22 до 0,32 т/га; ошибка опыта=2,1-3,2%.

На основании полученных данных по урожайности в зависимости от интенсивности дренированности поливных участков и равномерности увлажнения поливной борозды были установлены корреляционные зависимости.

Зависимость урожайности хлопчатника от расстояния до скважины от участка имеет следующий вид:

$$Y=0,0017*X+3,61; r=0,78\pm 0,08$$

где  $Y$  – урожайность хлопчатника, т/га;  $X$  – расстояние от скважины до участка, м;  $R$  – коэффициент корреляции.

Зависимость урожайности хлопчатника от коэффициента равномерности увлажнения можно представить следующими уравнениями:

В зоне эффективного влияния скважины (менее 250 м)

$$Y=4,61*X_1+10,44; r=0,75\pm 0,07$$

В зоне умеренного влияния скважины (более 250 м)

$$Y=5,5*X_1-1,17; r=0,77\pm 0,006$$

где  $X_1$  – коэффициент равномерности увлажнения.

Таким образом, в условиях староорошаемой зоны Голодной степи на подверженных засолению сероземно-луговых почвах при полугидроморфном почвенно-мелиоративном режиме изменение интенсивности дренирования на фоне вертикального дренажа оказывает существенное влияние на водно-физические свойства, солевой режим почв и технологию бороздкового полива хлопчатника.

Проведенные исследования показали, что в зоне интенсивного действия дренажа (до 250 м) необходимо ориентировать борозды в направлении скважины с размещением головных частей борозд от неё на максимальном удалении (210-250 м).

Технология полива должна включать изменение расхода воды в голове борозды от 0,8 л/с (в период добегаания) до 0,4 л/с (в период доувлажнения) с подачей воды через междурядье.

В зоне интенсивного действия дренажа при поливах переменным расходом через междурядье на фоне эксплуатационной промывки оросительная норма

должна быть больше в среднем на 34% (2600 м<sup>3</sup>/га), по сравнению с остальной площадью орошаемого массива (1940 м<sup>3</sup>/га).

УДК 631.347

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИВА ХЛОПЧАТНИКА В УСЛОВИЯХ ЧИРЧИК-АНГРЕНСКОЙ ДОЛИНЫ

А.В. Шуравилин, Ж.П. Мелькумова, В.Т. Скориков  
РУДН, Москва, Россия.

Дальнейшее развитие орошаемого земледелия в Республике Узбекистан тесно связано с повышением эффективности использования оросительной воды путем разработки и внедрения водосберегающих технологий полива культур хлопкового севооборота, отвечающих природоохранным требованиям и способствующих получению высокого урожая хлопка-сырца. Необоснованно принятая технология орошения приводит к поднятию уровня грунтовых вод к поверхности, резкому ухудшению водно-солевого режима почв и снижению урожайности хлопчатника. В связи с этим для ослабления процессов, вызывающих неблагоприятные последствия поливов и повышения эффективности использования оросительной воды в опыте применены поливы через борозду, с чередованием поливных борозд, а также наиболее рациональные элементы техники полива (табл. 1).

Полевые опыты проводили в 1999-2001 гг. в учебно-опытном хозяйстве ТИИИМСХ, на спланированных малоуклонных землях, расположенных в Средне-Чирчикском районе Ташкентской области на луговых незасоленных тяжелосуглинистых почвах. Возделывали среднеспелый сорт хлопчатника Ташкент-3 при ширине междурядий 90 см. Почва опытного участка характеризуется достаточно высоким плодородием. В слое почвы 0-30 см содержание гумуса составляло 2,49-2,52%, гидролизуемого азота - 9,52 мг/100г почвы, подвижного фосфора и обменного калия - соответственно 14,54 и 15,65 мг/100г почвы. Плотность почвы в слое 0-60 см составляла 1,42 г/см<sup>3</sup>, пористость - 47,6%, коэффициент фильтрации - 0,26 м/сутки. Слабоминерализованные грунтовые воды в период вегетации залегают на глубине 0,9 - 1,9 м (в среднем 1,35 м), которые создавали придток влаги в активный слой почвы, достигающий 30...40% от суммарного водопотребления хлопчатника. Дефицит воды в почве, в течение вегетации пополнялся поливами, которые проводились при снижении влажности почвы до 70-75% НВ. За вегетационный период было проведено три полива по схеме 1-2-0 поливными нормами 830-880 м<sup>3</sup>/га, при поливах в каждую борозду и 610 м<sup>3</sup>/га - через борозду. Оросительная норма составляла 2540-2600 м<sup>3</sup>/га при поливах в каждую борозду.

Таблица 1. Схема опыта

№№ вари.	Длина бороз-	Харак-тер по-	Расход воды в борозду, л/с	Технология полива
----------	--------------	---------------	----------------------------	-------------------

			в период добега-ния	в период до-увлажнения	
1	200	пере-менная	1,0	0,5	Полив в каждую борозду
2	200	пере-менная	1,0	0,5	Полив через борозду до цветения, а в последую-щие периоды в каждую борозду
3	200	пере-менная	1,0	0,5	Все вегетационные поливы через борозду
4	200	пере-менная	1,0	0,5	Все вегетационные поливы через борозду, но с чередо-ванием поливных борозд
5	200	пере-менная	0,6	0,3	Полив в каждую борозду
6	300	пере-менная	0,8	0,4	Полив в каждую борозду
7	300	посто-янная	1,0	1,0	Полив в каждую борозду
8	400	пере-менная	1,0	0,5	Полив в каждую борозду
9	400	посто-янная	1,2	1,2	Полив в каждую борозду

Проведение поливов через борозду до цветения и в каждую борозду в период цветения - плодообразования переменной струей при длине борозды 200 (вар.2) привело к снижению оросительной нормы до 2360...2400 м<sup>3</sup>/га или на 7,5...7,7% за счет сокращения поливной нормы на 20-23,2% при первом поливе.

При поливе через борозду или при поливах с чередованием поливных борозд оросительная норма изменялась в пределах 1920...1970 м<sup>3</sup>/га и была меньше, чем при поливах в каждую борозду на 630 м<sup>3</sup>/га или на 24,2...24,7%.

Поливная норма устанавливается с учетом норм добега-ния и доувлажне-ния. При технологии полива в каждую борозду с расходом переменной струи в голове борозды 1,0/0,5 л/с и длине борозды 200 м норма добега-ния в среднем по поливам составляла 440 м<sup>3</sup>/га или 51,8% от поливной нормы, а норма доувлаж-нения - 410 м<sup>3</sup>/га или 48,2% от поливной нормы (850 м<sup>3</sup>/га). При этом продол-жительность полива составила 378 мин. Снижение размера поливной струи приводит к увеличению нормы добега-ния, уменьшению нормы доувлаж-нения и увеличению продолжительности полива.

Увеличение длины борозды до 300-400 м приводит к значительному повы-шению нормы добега-ния по сравнению с бороздами длиной 200 м. Наиболее благоприятное распределение поливной нормы за период добега-ния и доув-

лажнения отмечалась при поливах в каждую борозду или через борозду при длине борозды 200 м, а также при поливе в каждую борозду с длиной борозды 300 м переменной поливной струей 0,8/0,4 л/с.

Различные технологии полива и элементы техники полива существенно сказались на распределении частных поливных норм по длине борозды и их коэффициенте равномерности увлажнения (табл.2). При длине борозд 200 м и поливах переменной струей от 0,6/0,3 л/с до 1,0/0,5 л/с и технологии полива, как в каждую борозду, так и через борозду (вар. 1-5) коэффициент равномерности полива составил 0,82-0,86. При этом наилучшая равномерность полива отмечалась в вариантах полива в каждую борозду (вар. 1 и 5). В этих вариантах в голове борозды средняя поливная норма составляла 912...927 м<sup>3</sup>/га, а в конце борозды - 850 м<sup>3</sup>/га. В вариантах 3 и 4 при поливе через борозду норма полива на головном участке борозды равнялась 688-696 м<sup>3</sup>/га, а на концевом - 640 м<sup>3</sup>/га.

Таблица 2. Распределение поливной нормы по длине борозды (м<sup>3</sup>/га) и коэффициента равномерности увлажнения (среднее за 1999-2001 г.г.)

№№ вариантов	Распределение поливной нормы, м <sup>3</sup> /га (размещение створа измерения)				Коэффициент равномерности полива
	голова	середина	конец	среднее	
1	927	844	779	850	0,84
2	863	791	716	790	0,83
3	688	668	564	640	0,82
4	696	653	571	640	0,82
5	912	854	784	850	0,86
6	1004	803	743	850	0,74
7	1056	839	655	850	0,62
8	1055	835	675	855	0,64
9	1112	808	645	855	0,58

Удовлетворительный коэффициент равномерности полива (0,74) был получен и при длине борозды 300 м с переменным расходом поливной струи 0,8/0,4 л/с и поливе в каждую борозду. На головном участке борозды частная норма полива составила 1004 м<sup>3</sup>/га, а на концевом участке – 743 м<sup>3</sup>/га.

Плохое качество полива было отмечено в вариантах 7,8 и 9, где коэффициент равномерности полива был меньше 0,7 и составил 0,58-0,64. Полив постоянной струей (1,0 л/с) при длине борозды 300 м не обеспечивает требуемой равномерности увлажнения почвы по длине борозды. При длине борозды 400 м, головном расходе в борозду 1,2 л/с и поливе в каждую борозду, на головном

участке борозды частная поливная норма составила 1112 м<sup>3</sup>/га и была больше, чем на концевом участке в 1,72 раза (645 м<sup>3</sup>/га). При поливах переменной струей 1,0/0,5 л/с (вар.8) и длине борозды 400 м равномерность полива остается также неудовлетворительной.

Таким образом, наиболее благоприятное распределение поливной нормы по длине борозды и наиболее высокий коэффициент равномерности полива создаются при длинах борозд 200-300 м и поливах переменной струей.

Полученные данные свидетельствуют о том, что технология полива хлопчатника через борозду позволяет сократить продолжительность вегетационного периода на 9-10 суток и ускорить продолжительность прохождения фенофаз начиная с массовой бутонизации на 2-5 суток.

Значительные изменения отмечались в показателях роста и развития растений. При технологии полива через борозду (вар. 3), высота главного стебля на 1.VIII, в среднем по борозде составила 96,3 см, число симподиев на I.IX - 16,8 шт. и число коробочек - 12,4 шт. При поливе в каждую борозду и одинаковых элементах техники полива (вар.1), что и в варианте 3, биометрические показатели роста и развития были несколько ниже. При технологии полива в каждую борозду постоянной струей и длине борозды 400 м рост и развитие растений были наиболее худшими из всех рассматриваемых вариантов опыта (высота главного стебля составляла 80,4см, число симподиев – 14 шт. и коробочек -8,4 шт.). В изучаемых в опыте вариантах густота стояния хлопчатника к началу уборки практически не изменялась в зависимости от техники и технологии полива и, в среднем за три года, варьировала в пределах 101,1 - 101,8 тыс.шт./га.

Наши исследования (табл.3) показали, что максимальная урожайность хлопчатника (3,57 т/га в среднем за три года) получена в третьем варианте при технологии полива через борозду с длиной борозды 200 м и поливе переменной струей (1,0/0,5 л/с). Минимальная урожайность (2,72 т/га) в среднем за три года, получена в варианте 9, где поливы проводились постоянной струей (1,2 л/с) в каждое междурядье с длиной борозды 400 м. Здесь урожайность хлопчатника была ниже максимальной, в среднем, на 0,85 т/га или на 31,3%.

При поливах через борозду до цветения, а все последующие поливы - в каждую борозду, урожайность в среднем за три года составила 3,36 т/га и была достаточно высокой. Аналогично была получена также высокая урожайность хлопчатника в вариантах 2 и 4 (3,36 - 3,42 т/га). Все три варианта (2, 3 и 4) показали наиболее высокую урожайность и различия между ними были несущественны. Эти варианты опыта отличались только различной технологией полива при одинаковых элементах техники полива (q = 1,0/0,5 л/с).

Таблица 3. Урожайность хлопка-сырца, т/га

Номер варианта	Урожайность, т/га по годам				Прибавка	
	1999г.	2000г.	2001г.	Среднее	т/га	%
1	3,53	3,43	2,85	3,27	0,55	20,2

2	3,61	3,54	2,93	3,36	0,64	23,5
3	3,84	3,78	3,09	3,57	0,85	31,3
4	3,68	3,61	2,97	3,42	0,70	25,7
5	3,60	3,47	2,83	3,30	0,58	21,3
6	3,44	3,35	2,78	3,19	0,47	17,3
7	3,19	2,94	2,45	2,86	0,14	5,1
8	3,23	3,12	2,59	2,98	0,26	9,6
9	3,05	2,85	2,26	2,72	-	-
НСР <sub>05</sub>	0,33	0,41	0,27	0,34	-	-
Ошибка опыта, %	3,7	3,5	3,1	3,5	-	-

При технологии полива в каждую борозду (вар. 1 и 5) с длиной борозды 200 м и подаваемыми переменными поливными струями (1,0/0,5 л/с и 0,6/0,3 л/с), урожайность хлопчатника, в среднем за три года, составила 3,27-3,3 т/га. При этом прибавка урожая хлопка-сырца, относительно наиболее неблагоприятного по урожайности варианта 9, достигала 0,55...0,58 т/га или 20,2...21,3%.

При технологии полива через борозду и длине борозды 300 м наиболее высокая урожайность хлопка-сырца (3,19 т/га) была получена в варианте 6, при поливе переменной струей 0,8/0,4 л/с. Применение поливов постоянной струей с расходом 1,0 л/с и длине борозды 300 м привело к еще большему снижению урожайности, по сравнению с поливом переменной струей (на 0,33 т/га).

Увеличение длины борозды до 400 м как при подаче воды в борозду переменной струей, так и при постоянной струе привело к максимальному снижению урожайности хлопка-сырца, по сравнению с другими вариантами.

Технологические свойства волокна хлопка по рассматриваемым технологиям полива и в зависимости от техники полива существенно не различались. Оптимальные технологии полива, дифференцированные, в зависимости от техники полива, не ухудшали технологические свойства волокна, а по некоторым показателям они были лучше, чем при поливе по принятой в производстве технологии полива в каждую борозду.

Таким образом, в условиях Чирчик-Ангренской долины на незасоленных луговых тяжелосуглинистых почвах, с неглубоким залеганием пресных и слабоминерализованных грунтовых вод, наиболее благоприятные условия для получения урожая хлопка-сырца создаются при соблюдении следующих элементов техники полива: длина поливной борозды 200 м, переменная поливная струя от 0,6/0,3 до 1,0/0,5 л/с. При этом наиболее оптимальной технологией полива являются: полив через борозду, полив через борозду до цветения, с последующими поливами в каждую борозду, полив через борозду, но с чередованием поливных борозд.



## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПРОПЕЛЕЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОИ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ПРИАМУРЬЯ**

А.А.Яременко

ФГОУ ВПО ДГАУ, Благовещенск, Россия

В мировом земледелии соя занимает первое место среди зерновых бобовых культур по площади посева, ее возделывают более чем в 70 странах мира. В Российской Федерации более 80% посевных площадей сои сосредоточено на Дальнем Востоке. На фоне реформ произошел спад в производстве данной культуры. В 2004 г. производство сои в Амурской области в сравнении с 1990 г. уменьшилось в 3,5 раза. Это объясняется сокращением посевных площадей области, снижением урожайности сои и падением естественного плодородия почвы. Основным фактором повышения урожайности сельскохозяйственных культур является мелиорация земель.

В основу рабочей гипотезы при проведении исследований была положена идея о возможности получения стабильных урожаев сои в условиях муссонного климата Приамурья за счет рационального увлажнения почвы дождеванием. Исследования проводились на опытно-производственном участке в СХПК «Волковский» Благовещенского района Амурской области с 2000 по 2004 гг. Предложены варианты дифференцированных режимов орошения, которые позволили определить критические периоды потребности сои во влаге, ее отзывчивость на орошение, зависимость урожайности от водопотребления, на основании чего можно определить оптимальный вариант и планировать водоподачу для лет различной водообеспеченности.

Для получения устойчивых урожаев сои в условиях муссонного климата Приамурья нами рекомендуется использовать режим орошения, при котором влажность почвы в слое 0-30 см на уровне 90% НВ поддерживается в период посев-начало цветения, 80% НВ в период начало цветение-бобообразование и 60% НВ в период бобообразование-созревание.

Для повышения естественного плодородия почвы рекомендуется внесение сапропелей различными дозами. Доза сапропеля 20 т/га повышала урожайность сои во все годы исследований на 0,1-0,22 т/га относительно контроля и в среднем за 5 лет составила 0,14 т/га. Увеличение дозы сапропеля до 40 т/га повысило урожайность сои относительно дозы сапропеля 20 т/га в среднем на 0,2 т/га. Дальнейшее повышение дозы сапропеля до 80 т/га сопровождалось ростом урожайности относительно дозы сапропеля 40 т/га на 0,26 т/га. Доза сапропеля 160 т/га повышала урожайность сои на 1,01-1,15 т/га относительно контроля, что в среднем составило 71,3%. Таким образом, под сою наиболее эффективно применение средних и повышенных доз сапропелевых удобрений.

Принимая во внимание, что самая высокая урожайность сои была получена при интенсивном режиме орошения, а на вариантах с внесением сапропелей - при максимальной его дозе, можно сделать вывод, что, повышая влажность почвы, необходимо увеличить и дозы внесения сапропеля. В этом случае сумма

прибавок от совместного действия данных мероприятий будет высокая. При изучении эффективности норм внесения питательных веществ под ту или иную культуру, очень важно установить, на какие элементы структуры урожая, положительно или отрицательно, действуют условия среды: природно-климатические и созданные посредством внесения в почву удобрений; как это отражается на конечном продукте – урожайности.

При выращивании сои в условиях орошения главной задачей является повышение ее продуктивности при высоком качестве зерна. Соя относится к числу немногих растений, богатых белком и жиром, общее содержание белка и масла в зрелых ее семенах колеблется в зависимости от сортовых особенностей, условия выращивания, воздействия различных факторов. Примерно половина всей потребности организма человека и животных в белках покрывается за счет продуктов переработки зернобобовых культур, поэтому повышение содержания белка в этих продуктах, улучшение его фракционного и аминокислотного состава – весьма важная задача. Качество зерна сои, прежде всего, характеризуется наличием в зерне достаточного количества белка. Внесение сапропелевых удобрений повышает содержание сырого белка в зерне сои.

Минимальная доза сапропеля 20 т/га повышала белковость семян сои на 1,7%. Повышение дозы сапропеля до 40 т/га увеличивало содержание сырого белка на 2,83 % относительно контроля. Доза сапропеля 80 т/га повышала белковость семян во все годы исследований относительно варианта 40 т/га на 2,83%. При внесении сапропеля дозой 160 т/га наблюдалось максимальное содержание сырого белка в зерне сои - 40%. Биохимический анализ образцов зерна сои показал, что при орошении наблюдается тенденция к снижению белковой составляющей. Наименьший процент «сырого белка» был отмечен в вариантах с режимом орошения 90-80-60% НВ. Численные значения доли протеина в среднем за пять лет исследований для разных режимов орошения составили соответственно 35,1 и 34,9%. Повышение плодородия почвы за счет внесения сапропеля при тех же режимах орошения способствовало улучшению качества семян сои, повышению их белковости. Так, даже внесение малой дозы сапропеля 20 т/га увеличило содержание протеина на 1 кг абсолютно сухого вещества зерна сои до 36,2–37,1%. Дальнейший рост искусственного плодородия почвы также увеличивал процент содержания «сырого белка». При внесении сапропеля дозой 40 т/га доля белка в зерне сои составляла 37,0 – 38,1% , а увеличение дозы до 160 т/га способствовало увеличению этого показателя соответственно до 39,2–40,0%. Снижение интенсивности режима орошения при разных дозах сапропеля увеличивало качество семян сои, повышая содержание белка. Максимальная доля протеина была отмечена на вариантах с поддержанием предполивного по-

рога влажности почвы на уровне 60-60-80 % НВ при максимальных дозах внесения сапропеля.

Таким образом, повышение уровня влагообеспеченности почвы, несмотря на некоторое снижение процента содержания протеина в семенах сои, увеличивало валовой сбор белка с площади посевов за счет внесения расчетных доз сапропелей и общий выход белка с единицы площади. Искусственное повышение плодородия почвы за счет применения сапропеля способствовало как росту долевого содержания белка в зерне сои, так и общему выходу протеина с гектара посева.

Полевые опыты выявили заметное влияние режима увлажнения почвы на содержание жира в семенах сои. Причем, если доля протеина в зерне сои при повышении водообеспеченности уменьшается, то содержание жира растет пропорционально увеличению предполивного уровня влажности почвы. Содержание жира в одном килограмме зерна сои было минимальным на вариантах, где поливы давались при снижении влажности почвы до 60-60-80 % НВ. Значение величины доли жира в семенах сои на этих вариантах изменялось в пределах 17,4-18,7%. Наибольший выход жира с единицы площади посевов был на варианте с режимом орошения 90-80-60 % НВ. Содержание жира здесь достигло 19,2%.

## ***ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ***

УДК 626.882

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ СТРУЕРЕАКТИВНОГО РЫБОЗАЩИТНОГО ОГОЛОВКА**

В.П. Боровской, Е.Д. Хецуриани  
НГМА, Новочеркасск, Россия

Создание экологически безопасных систем мелиоративных водозаборов тесно связано с решением проблем рыбозащиты. Несмотря на огромное количество разработанных конструкций рыбозащитных устройств и сооружений, на практике эффективно функционируют далеко не все. Анализ действующих устройств на реках Волга, Дон, Кубань и др. свидетельствует, что наиболее удовлетворительно функционируют рыбозащитные оголовки с потокообразователями. Особый интерес представляют конструкции оголовков без фильтрующего элемента и, в частности, конструкция струереактивного гидродинамического рыбозащитного оголовка, схема которого представлена на рисунке 1.

В этой конструкции отпугивание молоди рыб осуществляется путем создания перед всасывающим патрубком струйной пульсирующей завесы, которая формируется при вращении струеобразователей. Кинематические характеристики оголовка и завесы функционально связаны с частотой вращения струеобразователей. Установлению этой связи и посвящена данная работа.

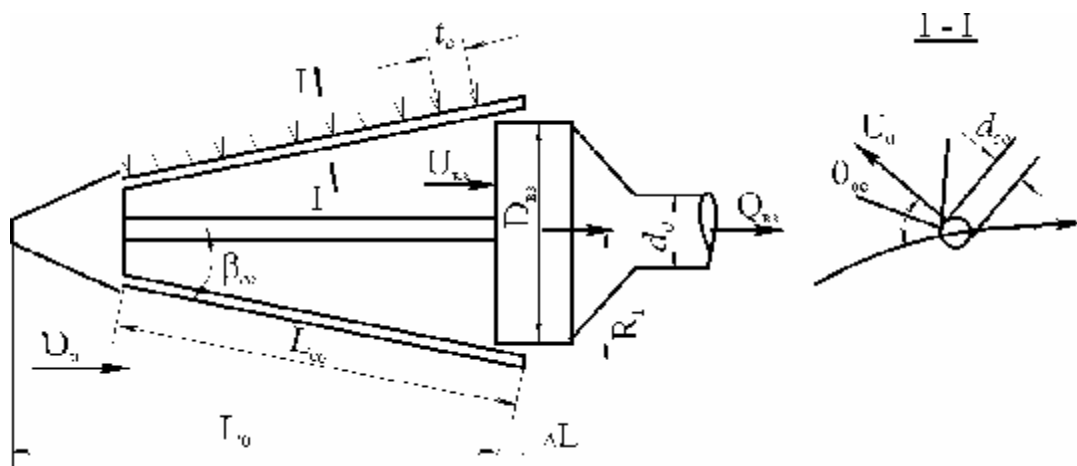


Рис. 1. Схема струереактивного оголовка

В расчете приняты следующие допущения: скорость набегающего потока значительно меньше скорости истечения из сопла, струеобразователи имеют прямолинейную форму, скорость истечения из сопел одинакова по его длине.

Исходными данными для расчета являются: расход водозабора ( $Q_{ВЗ}$ ), расход, обеспечивающий рыбозащиту ( $Q_{рз}$ ), количество струеобразователей на оголовке ( $N_{со}$ ), шаг установки сопел ( $t_c$ ), диаметр сопла ( $d_0$ ), диаметр струеобразователя ( $d_{со}$ ), диаметр водораспределительной камеры ( $d_{вк}$ ), длина струеобразователя ( $L_{со}$ ), угол наклона струеобразователя ( $b_{со}$ ), угол ориентации сопел на струеобразователе ( $q_{ос}$ ). По принятой частоте импульсов рыбозащитного оголовка ( $n_{имп} = const$ ) и частоте вращения струеобразователей ( $n_w$ ) определяется их общее количество в составе оголовка по формуле  $N_{со} = n_{имп} / n_w$ , где частота вращения струеобразователя связана с угловой скоростью ( $W_{со}$ ) и периодом вращения ( $T_w$ ) формулой

$$n_w = \frac{W_{со}}{2\pi} = \frac{1}{T_w}. \quad (1)$$

Для определения угловой скорости  $W_{со}$  осуществим расстановку сил, действующих на струеобразователь (рис. 2).

Тангенциальная скорость  $V_t$  является величиной переменной по длине струеобразователя и зависит от текущего радиуса ( $V_t = W_{со} r = var$ ).

Применительно к оголовку уравнение баланса сил, действующих на объект, выражается равенством их моментов, то есть:  $\sum M_{тяги} = \sum M_{сопр}$ .

Система струеобразователей приходит во вращательное движение под влиянием реактивной силы  $F_{гд}$ , обусловленной гидродинамическим давлением совокупности всех струй.

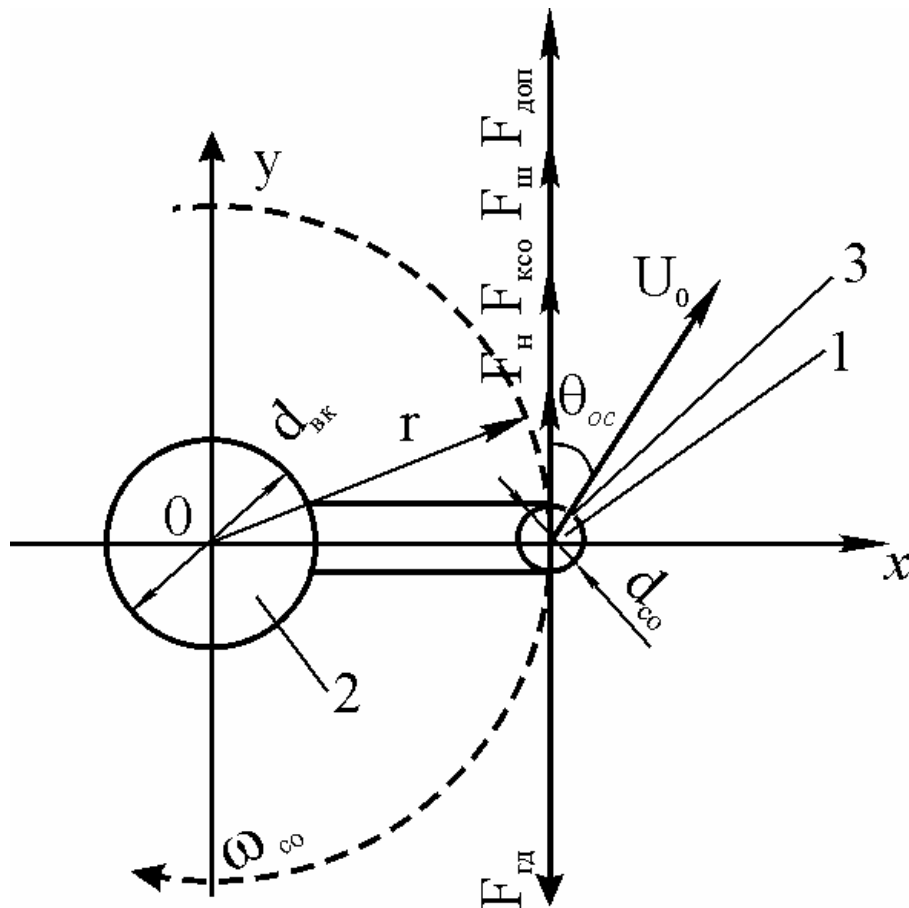


Рис. 2. Расчетная схема: 1 – струеобразователь; 2 – водораспределительная камера; 3 – сопло струеобразователя

К наиболее очевидным силам следует отнести: сопротивление давлению при обтекании струеобразователя -  $F_{КСО}$ , дополнительного сопротивления давлению отдельных опорных или крепежных конструктивных элементов -  $F_{ДОП}$  и сопротивления шарнирных соединений устройства (подшипников, сальников и т.п.) -  $F_{Н}$ .

В этой конструкции совокупный шлейф скоростей реализует свою гидродинамическую природу двойственно. Создавая реактивную тягу, он, в тоже время, сам является объектом создающим сопротивление -  $F_{Ш}$ .

Исходя из вышесказанного, мы можем представить уравнение баланса сил как равенство их моментов следующим образом:

$$M_{ГД} = M_{Н} + M_{КСО} + M_{Ш} + M_{ДОП} = \int r dF_{Н} + \int r dF_{КСО} + \int r dF_{Ш} + \int r dF_{ДОП} \cdot (2)$$

Зная физическую природу указанных сил, определим их значения.

Элементарная сила, обусловленная наличием гидродинамического давления  $dF_{ГД}$  и определяется по следующей известной в гидравлике формуле [1]:

$$dF_{ГД} = N_{со} r \frac{Q_{со} U_0 \cos q_{ос}}{L_{со} \sin b_{со}} dr. \quad (3)$$

Сила сопротивления давлению при обтекании элемента коллектора струе-

образователя в водной среде  $dF_{\text{ксо}}$  находится по уравнению Ньютона, которое в соответствии с [2] в принятых обозначениях имеет следующий вид:

$$dF_{\text{ксо}} = N_{\text{со}} C_{\text{д}} r d_{\text{со}} \frac{V_t^2}{2 \text{Sin} b_{\text{со}}} dr, \quad (4)$$

где  $C_{\text{д}}$  - коэффициент сопротивления давлению.

Элементарная сила сопротивления обтеканию шлейфа  $dF_{\text{ш}}$  находится аналогично по следующей зависимости:

$$dF_{\text{ш}} = N_{\text{со}} C_{\text{ш}} r h_{\text{ш}} \frac{w_{\text{со}}^2}{2 \text{Sin} b_{\text{со}}} r^2 dr.$$

Для определения величины выделения шлейфа скоростей  $h_{\text{ш}}$  проанализируем характерные особенности его развития в сносящем потоке. Если рассматривать формирование шлейфа скоростей относительно подвижной системы координат, связанной со струеобразователем, то становится заметным, что вытекающая из сопла струя формируется в криволинейном поле скоростей, в котором векторы сносящих скоростей направлены тангенциально.

Струя, подобно упругому физическому телу, «сопротивляясь» своему изгибу, оказывает тем самым сопротивление набегающему потоку.

На рисунке 3 представлена схема формирования траектории шлейфа реактивных скоростей.

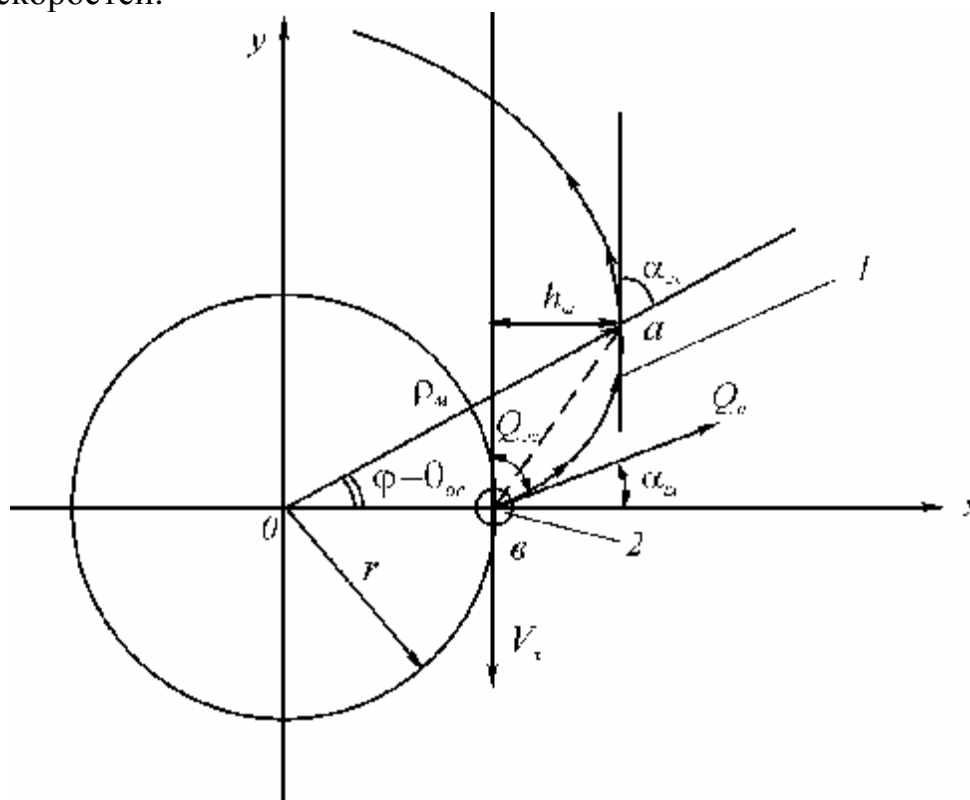


Рис. 3. Схема формирования траектории шлейфа реактивных скоростей:  
1 - траектория шлейфа скоростей; 2 - коллектор струеобразователя

Искомой величиной, характеризующей выделение шлейфа скоростей, на этой схеме является расстояние  $h_{\text{ш}}$ . Для ее нахождения необходимо определить положение траектории динамической оси совокупного шлейфа скоростей в системе координат, связанной со струеобразователем. Решение данной задачи в строгой математической постановке затруднительно, поэтому прибегнем к аппроксимации.

Прежде всего замечаем, что форма траектории шлейфа при отсутствии водозабора представляет собой спираль, которая на начальном этапе формируется подобно логарифмической. Поэтому в качестве аппроксимирующей зависимости принимается уравнение логарифмической спирали, которое в полярных координатах имеет следующий вид:  $r_{\text{ш}} = r \cdot e^{q_{\text{oc}} \text{tg} q_{\text{oc}}}$ . Величина  $h_{\text{ш}}$  определяется путем решения треугольника  $Oab$  по следующей формуле:  $h_{\text{ш}} = r_{\text{ш}} \text{Cos} q_{\text{oc}} - r$ . Подставив в это выражение значение  $r_{\text{ш}}$ , получаем следующую зависимость  $h_{\text{ш}} = r(e^{q_{\text{oc}} \text{tg} q_{\text{oc}}} - 1)$ . Для удобства ведения расчета введем следующее обозначение константы:  $k_q = e^{q_{\text{oc}} \text{tg} q_{\text{oc}}} - 1 = \text{const}$ . Тогда формула для выделения шлейфа скоростей примет еще более простой вид  $h_{\text{ш}} = k_q r$ .

С учетом этого зависимость для определения элементарной силы сопротивления обтеканию шлейфа принимает следующий вид:

$$dF_{\text{ш}} = N_{\text{co}} C_{\text{ш}} r k_q \frac{W_{\text{co}}^2}{2 \text{Sin} b_{\text{co}}} r^3 dr. \quad (5)$$

Из дополнительных сил наиболее существенное сопротивление оказывают опорные стержни. Поэтому определим  $F_{\text{доп}}$  как силу сопротивления, которая является следствием вращательного движения опорных стержней.

Полагаем, что каждый из опорных стержней имеющих в поперечном сечении цилиндрическую форму с диаметром  $d_{\text{ст}}$ , является прямолинейным и имеет длину  $L_{\text{ст}}$ . Они крепятся на корпусе шарнира с диаметром  $d_{\text{ск}}$ .

Сила трения, обусловленная вращательным движением опорных стержней вокруг оси оголовка, определяется подобно силе сопротивления давлению при обтекании коллектора струеобразователя, то есть:

$$dF_{\text{доп}} = N_{\text{co}} C_{\text{д}} r d_{\text{ст}} \frac{W_{\text{co}}^2}{2} r^2 dr. \quad (6)$$

Определение силы трения в шарнирных узлах устройства в теоретической постановке затруднено прежде всего из-за разнообразия форм шарнирных соединений и методов их расчета. Обычно сила трения скольжения определяется

косвенно по начальным условиям. Для этого определяется та начальная сила  $F_H$ , при которой система начинает вращаться. Применительно к оголовку эту начальную силу определим путем интегрирования элементарной реактивной силы струеобразователя, то есть:

$$F_H = \int_0^{F_H} dF_{гд} \text{ или } F_H = N_{co} r \frac{Q_H U_0 \text{Cos}q_{oc}}{L_{co} \text{Sin}b_{co}} \int_{r_{min}}^{r_{max}} dr.$$

После интегрирования получается следующая формула для определения начальной реактивной силы гидродинамического давления:

$$F_H = N_{co} r \frac{Q_H U_H \text{Cos}q_{oc}}{L_{co} \text{Sin}b_{co}} (r_{max} - r_{min}), \quad (7)$$

где  $Q_H, U_H$  - начальные (стартовые) значения расхода струеобразователя и скорости истечения из его сопл.

Подставив в уравнение баланса сил (2) значения, определенных по формулам (3)–(7), дифференциалов сил, проинтегрировав это выражение в диапазоне  $r = r_{min} \div r_{max}$  и, осуществив необходимые математические преобразования, получаем искомое выражение для угловой скорости:

$$w_{co} = \sqrt{\frac{(Q_{co} U_0 - Q_H U_H) \left( \frac{r_{max}^2 - r_{min}^2}{L_{co}} \right) \text{Cos}q_{oc}}{C_d (d_{co} + d_{ct} \text{sin} b_{co}) \left( \frac{r_{max}^4 - r_{min}^4}{4} \right) + C_{ш} k_q \left( \frac{r_{max}^5 - r_{min}^5}{5} \right)}.$$

Зная ее, можно определить частоту вращения струеобразователя  $n_w$  по формуле (1), тогда число оборотов струеобразователя в минуту составит  $N_w = 60n_w$ .

В заключении следует отметить, что определение начального значения расхода струеобразователя и скорости истечения из его сопл представляет собой индивидуальную характеристику конкретного оголовка, на базе которой данная методика позволяет определить основную характеристику рыбозащитного оголовка – связь  $N_w = f(Q_{вз}, Q_{рз})$ . Исследования экспериментальных моделей и сопоставление результатов с теорией свидетельствует о приемлемости данной методики в рамках принятых ограничений.

#### Литература

1. Гидравлика и аэродинамика: Учеб. Для вузов/ А.Д. Альтшуль, Л.С. Животовский, Л.П. Иванов. – М.: Стройиздат, 1987. – 414 с.
2. Справочник по гидравлике/ Под ред. В.А. Большакова, - 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1984. -343 с.



## МАЛОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ С МЕРЗЛОЙ ЧАШЕЙ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В КРИОЛИТОЗОНЕ

Ю.И. Вдовин, И.С. Соболев  
НГАСУ, Н.Новгород, Россия

На территории северо-востока страны, подверженной влиянию сурового северного климата и занятой вечной мерзлотой, эксплуатируется и строится множество малых водохранилищ для водоснабжения и мелиорации [1]. Эти водохранилища отличаются авариями вследствие возникшей фильтрации, прежде всего, когда напорный фронт гидроузлов образован плотиной талого типа [2]. Вместе с этим, теория и практика показывает, что в условиях среднегодовой температуры воздуха  $-(5...8)^{\circ}\text{C}$  и сплошной вечной мерзлоты могут успешно существовать грунтовые плотины и дамбы мерзлого типа, промороженные естественным холодом [3]. Надежность гидроузлов в этом случае повышается при отсутствии сквозного талика под водохранилищем.

Исследованиями предельного температурного состояния [4] для модельного водоема при осредненных природных условиях выявлено, что талик становится сквозным при относительной ширине водохранилища  $b/z_{мз} \geq 0,6$  (рис.1).

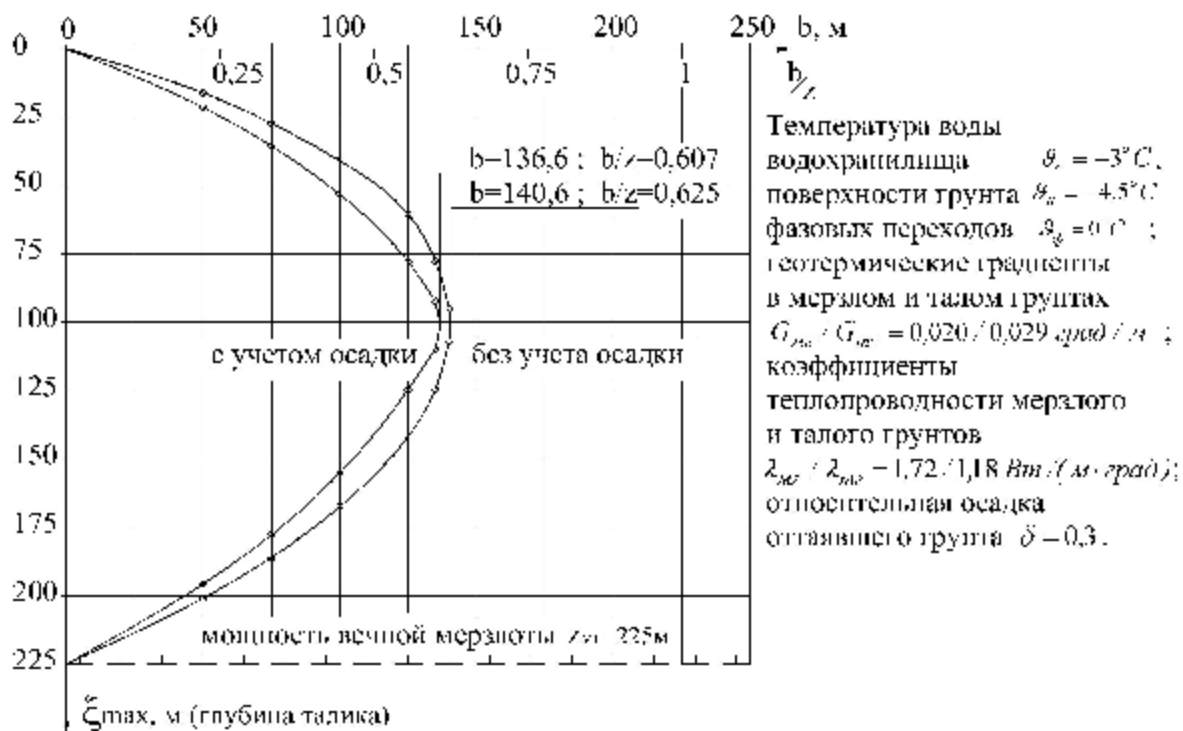


Рис.1. Зависимость глубины талика от ширины водоема и мощности вечной мерзлоты

В контексте изложенного обоснован способ создания малого водохранилища с мерзлой чашей, исключаяющей фильтрацию воды. Существо предложения состоит в следующем:

а) исходя из потребности в воде и топографических условий плановые размеры (ширину  $b$ ) водоема назначать такими, чтобы под ним в предельном состоянии мог существовать только несквозной талик с достаточно мощным слоем мерзлого грунта под ним;

б) для этого, при необходимости, размеры чаши ограничивать мерзлыми дамбами. Вариант с мерзлыми дамбами обвалования, кроме того, исключает подтопление защищаемой территории по сезонно талому слою грунта, одновременно решается задача сохранности от разрушения берегов;

в) напорный фронт гидроузла (грунтовую плотину) создавать мерзлого типа.

Таким способом образуется любой из известных типов малых водохранилищ (долинное, наливное и др.).

Примером реализации способа может служить проектируемый гидроузел на руч. Кудулах в системе водоснабжения нефтедобычи на Среднеботуобинском месторождении в республике Саха (Якутия). На рис.2 представлен план гидроузла и вертикальный температурный разрез по водохранилищу.

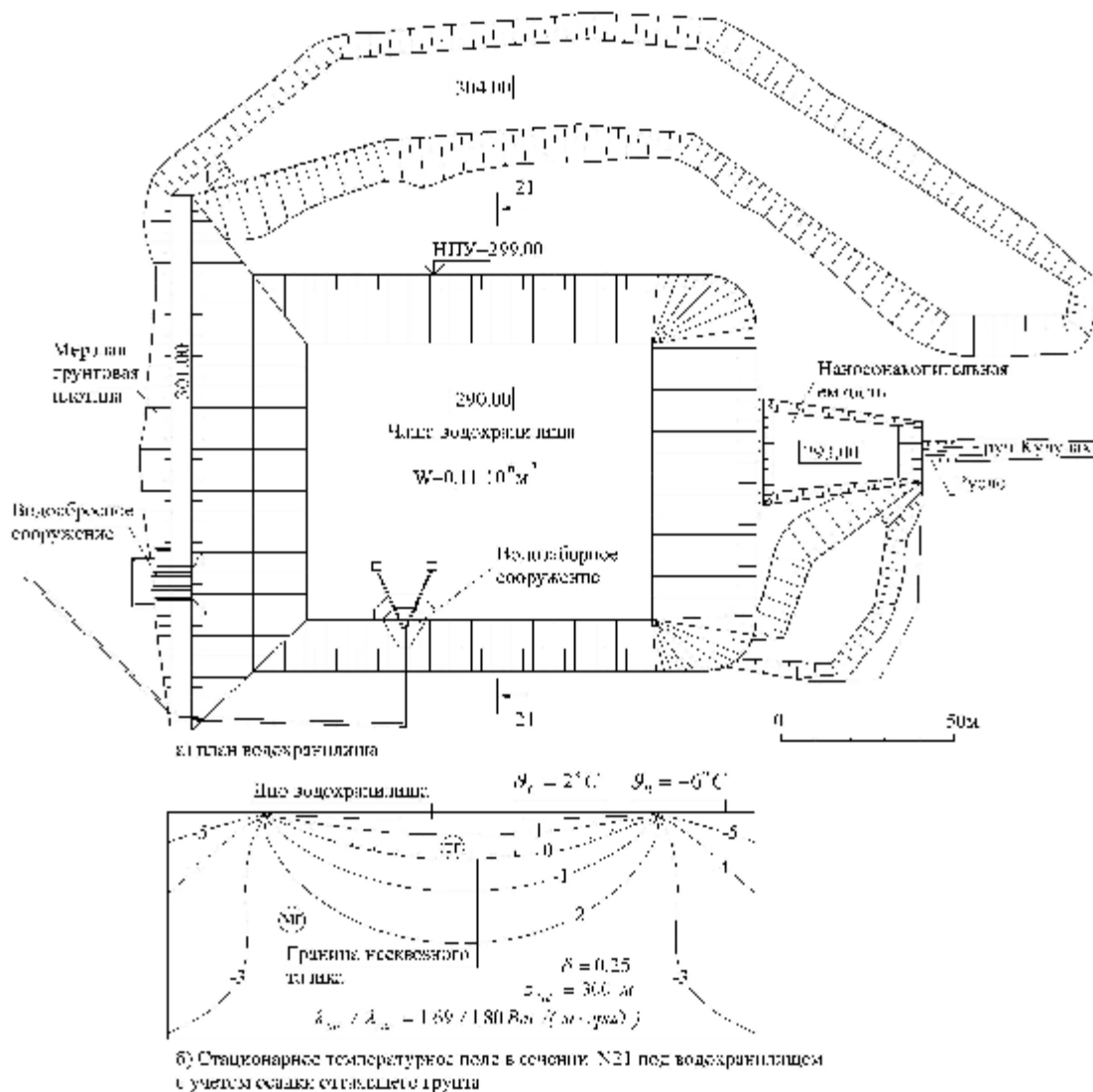


Рис. 2. Водохранилище на руч. Кудулах

С исключением фильтрации воды из чаши существенно повышается надежность малых водохранилищ в эксплуатации.

#### Литература

1. Вдовин, Ю.И. Водоснабжение на Севере / Ю.И.Вдовин. – Л.: Стройиздат, 1988. – 165 с.
2. Чжан, Р.В. Проектирование, строительство и эксплуатация гидротехнических сооружений низкого напора в криолитозоне / Р.В.Чжан. – Якутск: ИМ СО РАН, 2000. – 160 с.
3. Биянов, Г.Ф. Плотины на вечной мерзлоте / Г.Ф.Биянов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 176 с.
4. Соболев, И. С. Программа расчета и графической интерпретации пространственных стационарных температурных полей в основании водоемов криолитозоны / И. С. Соболев // Проблемы гидрофизики при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов энергетики: Сб. материалов Проскураков. чтений / ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – СПб., 2001. - С. 53 - 55.

УДК 627.1:532.543

### **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ПРОПУСКЕ ПОЛОВОДИЙ И ПАВОДКОВ**

М.А. Вольнов

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия.

#### 1. Общие положения.

1.1. Под безопасностью гидротехнического сооружения (ГТС) понимается отсутствие опасности или угрозы потери устойчивости или разрушения ГТС от приложенных нагрузок и воздействий. Известны примеры, когда для безопасности ГТС нагрузки и воздействия уменьшают (уровень водохранилища поддерживается на отметке УМО, а сбросные сооружения постоянно полностью открыты). В этом случае безопасность сооружения не обеспечивает безопасности объектов, для защиты и нормальной работы которых оно было создано.

Значения нагрузок и воздействий должны находиться в диапазонах, которые возникают при работе в условиях соблюдения правил эксплуатации сооружения, установленных проектом, и при выполнении правил использования водных ресурсов водного объекта, на котором расположено сооружение. Именно для таких значений нагрузок и воздействий формулируются общие требования к системе управления безопасностью ГТС.

1.2. Нагрузки и воздействия, представляющие угрозу сооружению, могут быть разделены на две группы по вариантам реакции на них системы управления безопасностью ГТС.

1.2.1. Проектные нагрузки и воздействия, которые не могут быть изменены в силу необходимости выполнения сооружением своих проектных функций. В этом случае задачей системы управления безопасностью является приведение ГТС в такое состояние, при котором оно будет устойчиво против проектных нагрузок и воздействий, и поддержание ГТС в этом состоянии.

1.2.2. Экстремальные нагрузки и воздействия, возникающие в период прохождения половодий и паводков, которые достигают значений, превышающих проектные диапазоны, и создают угрозу немедленного разрушению ГТС. В этом случае задачей системы управления безопасностью является такое управление пропуском половодий и паводков по водотоку, на котором расположено сооружение, при котором значения нагрузок и воздействий на сооружение не превысят проектные диапазоны.

1.3. Система управления безопасностью гидротехнических сооружений при пропуске половодий и паводков представляет собой совокупность управляемого объекта (безопасность ГТС) и управляющего элемента (выработка управляющих воздействий). Применение управляющих воздействий возможно только через службу эксплуатации, поэтому присутствие службы эксплуатации на сооружении обязательно.

1.4. Общие требования к системе управления безопасностью гидротехнических сооружений при пропуске половодий и паводков разделяются на две неотъемлемые составные части.

1.4.1. Приведение и поддержание ГТС в таком состоянии, при котором оно будет устойчиво против проектных нагрузок и воздействий. Выполнение этой части требований относится к службе эксплуатации, и совершенно необходимо при пропуске половодий и паводков. Эта часть требований подробно изложена в законодательных, нормативно-правовых и технических документах, принятых во исполнение Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21.07.97 г., и далее не рассматривается.

1.4.2. Управление пропуском половодий и паводков, при котором нагрузки и воздействия на сооружение не превысят проектные значения, и тем самым будет обеспечена безопасность сооружения, при условии выполнения требований п. 1.4.1. Эта часть требований, предъявляемая к управляющему элементу системы управления, рассматривается ниже.

2. Требования к управляющему элементу системы управления безопасностью гидротехнических сооружений при пропуске половодий и паводков.

2.1. В качестве управляющего элемента системы управления безопасностью ГТС рассматривается подразделение специалистов в составе бассейнового органа государственного управления водными ресурсами бассейна, вырабатывающее варианты оперативных управленческих решений (сценариев) по пропуску паводков и половодий и выполняющее анализ этих вариантов.

Лицо, уполномоченное принимать решения (ЛПР), на основании анализа предложенных вариантов принимает окончательное решение и передает в службу эксплуатации ГТС. Критериями выбора окончательного решения могут быть минимизация ущербов при прохождении половодий и паводков, согласование интересов различных групп водопользователей и т.п.

2.1.1. Необходимо установить порядок разрешения споров и противоречивых требований различных групп водопользователей. Необходимо также в законодательном порядке установить полномочия лиц, принимающих решения, на период прохождения паводков и половодий

2.2. Если сооружение расположено так, что любые варианты пропуска паводков через него не оказывают заметного влияния на общую паводковую ситуацию в бассейне, то его система управления безопасностью может функционировать отдельно. Если условия пропуска половодий и паводков через сооружение оказывают влияние на паводковую ситуацию в бассейне, то оно должно рассматриваться совместно с другими сооружениями, а его система управления безопасностью становится частью системы управления безопасностью всех сооружений бассейна с общим элементом управления.

2.3. Сложность решения проблемы безаварийного пропуска половодий и паводков по территории бассейна предопределяет необходимость централизованного принятия управленческих решений. С этой целью необходимо создать на бассейновом уровне информационно-аналитический и ситуационный центр, в который составной частью войдет управляющий элемент системы управления безопасностью ГТС бассейна. В центр должна оперативно и в полном объеме поступать, храниться и обрабатываться мониторинговая, гидрометеорологическая и иная информация, необходимая для выработки, обоснования и принятия решений по управлению водными ресурсами. Критически важным фактором является достоверность гидрометеорологических прогнозов и своевременное получение гидрометеорологической информации. Необходимо восстановление сети гидрометеорологических станций и гидрометрических постов, а также разработка и широкое внедрение систем мониторинга гидротехнических сооружений III и IV классов

2.4. При подготовке и анализе сценариев подразделение специалистов управляющего элемента должно руководствоваться существующими или вновь разработанными с учетом изменений в природно-климатической и социально-экономической ситуациях правилами эксплуатации сооружений и правилами использования водных ресурсов рассматриваемого водотока. Соблюдение этих правил гарантирует нахождение нагрузок и воздействий в проектном диапазоне значений, а, следовательно, и безопасность сооружения.

2.4.1. Для разработки сценариев пропуска половодий и паводков по гидрографической сети бассейна предполагается выполнение в реальном времени гидравлических расчетов с использованием компьютерных технологий. Расчеты должны в полной мере учитывать динамику водного потока, т.е. выполняться по уравнениям неустановившегося движения, известным как уравнения Сен-Венана. Для возможности выполнения таких расчетов в информационно-аналитическом центре должна быть внедрена гидродинамическая модель бассейна, откалиброванная по данным наблюдений прошлых лет.

2.4.2. В качестве исходной информации для расчетов на гидродинамической модели используются результаты расчетов водохозяйственных балансов, результаты долгосрочных и краткосрочных прогнозов объемов и гидрографов стволовой и боковой приточности по участкам гидрографической сети. Уровни и расходы на сооружениях и в створах водпостов, а также уровенные режимы водоприемников в устьевых створах.

2.5. Требования к программному обеспечению поддержки принятия управляющих решений по пропуску половодий и паводков кроме использования

гидродинамической модели (п. 2.4.1.) предполагают решение следующих проблем:

- ведение детального посуточного (или более короткий интервал) мониторинга расходных и уровенных характеристик в опорных и расчетных створах;
- разработка модели долгосрочных и краткосрочных прогнозов стока с водосборной площади бассейна.

- разработка программ для решения пакета задач водохозяйственных балансов.

- разработка программ оценки общих и отраслевых ущербов, визуализации результатов расчетов и выдачи вариантов оперативного управления пропуском половодий и паводков;

- разработка программной оболочки поддержки принятия решений для выполнения по запросам ЛПР оценки и сравнительного анализа вариантов.

### 3. Требования к информационно-аналитическому и ситуационному центру.

3.1. Информационно-аналитический центр должен осуществлять информационное обеспечение деятельности бассейновых органов государственного управления и в том числе управляющих элементов системы управления безопасностью гидротехнических сооружений бассейна. С этой целью в бассейновые фонды передаются все необходимые информационные ресурсы. По соответствующим информационным каналам в бассейновые фонды должна поступать вся необходимая информация о состоянии водных объектов и гидротехнических сооружений в бассейне.

3.2. Большинство задач по управлению водными ресурсами являются исключительно наукоемкими, а снижение затрат на водохозяйственную и водоохранную деятельность напрямую связано с широким применением на практике научных разработок. Для развития научной сферы следует создавать и укреплять бассейновую сеть научных организаций. С этой целью в зоне деятельности бассейновых органов управления определяется специализированная научная организация.

Принципиально важным условием эффективности научного и информационно-аналитического обеспечения управления водными ресурсами является его непрерывность, систематический характер и устойчивость финансирования.

УДК 626.81/.84+627.8

## **НЕКОТОРЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ВОДОХРАНИЛИЩ**

С.А. Гавриков, В.Л. Головин, А.В. Зверев  
ФГУП ДальНИИГиМ, Владивосток, Россия

Безопасность гидротехнических сооружений водохранилищ должна быть достаточной для обеспечения защиты жизни, здоровья и законных интересов людей, окружающей среды и хозяйственных объектов. К сооружениям, водохранилищ, повреждения которых могут привести к возникновению чрезвычай-

ной ситуации, относятся, плотина и водопроводящие сооружения: водосбросы, водоспуски, водовыпуски, т. е. сооружения напорного фронта. Поэтому при проектировании и эксплуатации водохозяйственных объектов на сооружения напорного фронта, должно обращать первостепенное внимание с точки зрения их безопасности.

Согласно Федеральному закону Российской Федерации «О безопасности гидротехнических сооружений» (1997 г.) при проектировании, строительстве, вводе в эксплуатацию, а также после реконструкции, капитального ремонта, восстановления или консервации гидротехнических сооружений обязательным является декларирование их безопасности. Декларация безопасности сооружения разрабатывается при напоре на сооружении более 3 м и объемах водохранилища более 0,5 млн. м<sup>3</sup>, накопителя – более 0,1 млн. м<sup>3</sup>.

При оценке состояния гидротехнических сооружений напорного фронта необходимо учитывать районные природно-климатические условия содержания сооружений, а также специфику комплекса сооружений (размер водохранилища, его назначение). Эффективно такие задачи могут быть решены на примере конкретных гидроузлов. В южной части Дальнего Востока России (Приамурье, Приморье) такими гидроузлами являются, в частности, Берестовецкое, Кролевецкое Синтупиковское и Славянское водохранилища в Приморском крае. Их назначение – орошение земель и регулирование стока. Плотины водохранилищ – земляные.

Берестовецкое водохранилище введено в эксплуатацию в 1984 году. Полный его объем 23,35 млн. м<sup>3</sup> (при форсированном подпорном уровне, здесь и далее); длина плотины 754 м, наибольшая ее высота – 15,5 м. При строительстве водохранилища были допущены отступления от проектных решений плотины и водосброса: парапет гребня плотины не замкнут на склоны долины в лево- и правобережном примыканиях плотины, а у водосброса вместо буронабивных опорных свай концевой площадки быстротока применены железобетонные сваи, быстро разрушающиеся в условиях переменных температур и влажности. Поскольку плотина и водосброс не отвечают требованиям безопасности при эксплуатации водохранилища в проектном режиме, требовалось определить технические условия их безопасности до предстоящей реконструкции.

У Кролевецкого водохранилища (полный объем 10,75 млн. м<sup>3</sup>; длина плотины 1144 м, наибольшая высота – 16,4 м), введенного в эксплуатацию в 1982 году, проектом не был предусмотрен водосброс. Поэтому требовалось оценить реальность угрозы переполнения водохранилища с учетом дополнительно накопленной гидрометрической информации и новых приемов расчета дождевых паводков, а также оценить надежность имеющихся гидротехнических сооружений – плотины и донного водовыпуска.

У Синтупиковское водохранилища (полный объем 8,60 млн. м<sup>3</sup>; длина плотины 208 м, наибольшая высота – 17,5 м), введенного в эксплуатацию в 1984 году, наблюдается значительная сосредоточенная фильтрация под плотиной на участке бывшего тальвега. В 2000 году при подъеме уровня воды в водохрани-

лище примерно на 1 м выше нормального подпорного уровня произошла местная просадка низового откоса плотины на этом участке. Это случилось в сильный дождь, вызванный прохождением тропического циклона «Prapiroon». Требовалось определить технические условия безопасной эксплуатации плотины до предстоящего ее ремонта.

У Славянского водохранилища (полный объем 8,45 млн. м<sup>3</sup>; длина плотины 965 м, наибольшая высота – 10,1 м), введенного в эксплуатацию в 1979 году, имеется только резервный водосброс, а предусмотренный проектом основной водосброс построен не был. В связи с этим было необходимо определить условия поддержания этого водохранилища в безопасном состоянии в отношении его переполнения (если не выводить водохранилище из эксплуатации).

В 2004 году ФГУП «ДальНИИГиМ» была произведена оценка безопасности гидротехнических сооружений этих водохранилищ на основе их натурального обследования и гидрологических, гидравлических, фильтрационных и других поверочных расчетов. При этом для учета сложных природно-климатических условий, в которых находятся водохранилища (сложный рельеф, дождевые паводки, вызываемые интенсивными и продолжительными дождями циклонического происхождения), а также устранения некоторых неопределенностей при принятии исходных данных, возникла необходимость в дополнениях к некоторым требованиям к оценке технических условий безопасной эксплуатации сооружений.

На реках в природно-климатических условиях юга Дальнего Востока, особенно на реках малых, дождевые паводки формируются быстротечно. По данным наблюдений, на горных реках с площадями водосбора даже 1000 км<sup>2</sup> пик паводка может наступить уже через сутки после его начала. Поэтому в определенных случаях параметры волны прорыва напорного фронта водохранилищ должны рассчитываться для ситуации разрушения сооружений в условиях уровня воды в водохранилище на отметке гребня плотины, а не только в условиях нормального подпорного уровня и более низких подпорных уровней, как это нормируется документом СНиП 2.01.51-90 «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны».

Например, к таким случаям относится ситуация по Кролевецкому водохранилищу, у которого проектом не предусмотрен и отсутствует поверхностный водосброс. К таким же случаям относится и ситуация по Славянскому водохранилищу, у которого проектом предусмотрен, но не построен основной водосброс. Для сооружений, которые могут быть подвержены такому виду повреждений, как вышеупомянутое повреждение плотины Синтупиковского водохранилища, параметры волны прорыва напорного фронта гидроузла должны определяться для ситуации разрушения сооружений фронта в условиях подпорного уровня выше нормального подпорного уровня на определенную высоту, устанавливаемую по данным наблюдений. Для Синтупиковского водохранилища такая высота составляет 1 м.



Определенные затруднения возникают при определении расчетной ширины прорана в земляной плотине для случая возможной аварии сооружения напорного фронта. По данным натурных исследований разработана формула ширины прорана, основанная на условии, что форма прорана соответствует форме долины реки в створе плотины.

Такое условие применяется в практике расчетов в связи с тем, что размеры прорана нельзя ни предугадать, ни обосновать какими-либо расчетами. Эти размеры зависят от конструкции и материала подпорного сооружения, от первопричины образования прорана и от других факторов в очень сложном их взаимодействии.

При применении формулы устраняются неопределенность и противоречие в решении вопроса о ширине прорана при ее определении на основе вышеприведенного условия. Формула имеет вид

$$B = \frac{l_y H}{h},$$

где  $B$  – ширина прорана по гребню плотины;  $l_y$  – условное расстояние между бровками склонов долины в створе плотины, принимаемое как для заложения склонов долины по заложению откосов прорана 1:1;  $H$  – глубина прорана от гребня плотины;  $h$  – высота бровок склонов долины над дном долины, как среднее по двум склонам. Значение  $l_y$  определяется с помощью схематического графика поперечного сечения долины с прораном в плотине при заложении откосов прорана и склонов долины 1:1.

Если в формуле расстояние между бровками склонов долины в створе плотины не принимать как для заложения склонов по заложению откосов прорана 1:1, то откосы прорана в зависимости от степени пологости склонов долины могут получаться сколь угодно пологими, что противоречит действительности, а относительная ширина прорана – сколь угодно большой. Из литературных же источников, в которых рассматриваются случаи аварии плотин, известно, что не зарегистрировано ни одного случая полного разрушения плотины по всему напорному фронту, а максимальная ширина прорана не превышает 0,5 длины напорного фронта. В основном возникает проран шириной 0,20–0,35 от длины плотины. Об этом же говорят и данные натурных обследований проранов, образовавшихся в плотинах водохранилищ Приморья: Прифермском, Кононенковском, Славянском, Синеловском, Белореченском.

Для Берестовецкого, Кролевецкого, Синтупиковского и Славянского водохранилищ расчеты ширины прорана по предлагаемой формуле дают значения ширины прорана соответственно 0,27; 0,10; 0,31 и 0,30 от длины плотины.

Использование вышеприведенных дополнений к требованиям к оценке безопасности гидротехнических сооружений повышает обоснованность принятия исходных данных для прогнозирования инженерных последствий прорыва напорного фронта водохранилища, сопровождающихся образованием волны

прорыва и, следовательно, объективность оценки ущерба, возможного вследствие аварии гидротехнического сооружения.

УДК 626/627 (571.61/.64)

## **ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ЗАЩИТЫ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ОТ НАВОДНЕНИЙ В ЮЖНЫХ РАЙОНАХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

С.А. Гавриков,

ФГУП ДальНИИГиМ, Владивосток, Россия

В.К. Шутько

ДП ФГУП ДальНИИВХ, Владивосток, Россия

Основным исторически сложившимся средством инженерной защиты сельскохозяйственных угодий от затопления в периоды наводнений на юге Дальнего Востока России, вызываемых дождевыми паводками на реках, являются дамбы обвалования мелиоративных систем (осушительных, осушительно-оросительных, рисовых оросительных и др.). Для стабилизации планового расположения 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 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. в период 28 июля – 1 августа паводками от дождей при прохождении тропического циклона (тайфуна) «Болавен» 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 мелиоративных систем, что приводит к потерям урожая, выходу из строя плодородных земель, разрушениям других сооружений систем (каналов, трубчатых и мостовых переездов и пр.).

Для выяснения причин разрушения дамб и берегоукреплений авторами в 2000–2001 годах проведены натурные обследования таких сооружений в различных районах Приморского края с анализом проектных решений. Объектом исследования являлось техническое состояние дамб обвалования мелиоративных систем и речных берегоукрепительных сооружений для защиты сельскохозяйственных угодий от наводнений в бассейнах рек Уссури, Партизанской и Раздольной. Целью исследования являлось определение причин повреждений или разрушений дамб обвалования и берегоукрепительных сооружений, имевших место во многих случаях, и путей улучшения защиты мелиоративных систем от наводнений.

Был осуществлен сбор топографической и проектной документации. Рассмотрены типичные случаи проектных решений по конструкциям дамб и бере-

гоукреплений. Определено местоположение существующих дамб обвалования мелиоративных систем в бассейнах вышеназванных рек с выносом трасс дамб на топографические карты масштабов 1:100000 и 1:25000 и выбраны объекты для проведения натурных обследований. В бассейне р. Уссури обследованы дамбы обвалования 34 мелиоративных систем и крепление правого берега р. Арсеньевки в среднем течении (у с. Яблоновки, уклон русла 0,00015). В бассейне р. Партизанской обследованы дамбы обвалования шести мелиоративных систем и крепление левого берега р. Партизанской на двух участках ее среднего течения: у с. Фроловки и у пос. Перетино (уклоны русла соответственно 0,0046 и 0,0031). В бассейне р. Раздольной обследованы дамбы 21 мелиоративной системы и крепление левого берега р. Раздольной на двух участках: в среднем течении (у с. Покровки, уклон русла 0,0012) и на переходном участке среднего и нижнего течения (у пос. Городечное, уклон русла 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 техническом состоянии. В среднем же течении рек Уссури и Арсеньевки и в бассейне р. Партизанской дамбы всех мелиоративных систем либо имеют местные повреждения, либо полностью разрушены (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.

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 мелиоративных систем в бассейнах рек Партизанской и Уссури. Эти реки и их притоки имеют уклоны, значительно большие, 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 паводочного потока, определяемыми уклоном реки.

Эти пути, в основном, заключаются в следующем.

При проектировании дамб обвалования и определении способа защиты территории от размыва с помощью берегоукрепления следует учитывать ширину долины, естественные и искусственные расширения и сужения долины, прежние плановые расположения русла реки (по плановому расположению стариц), физико-механические свойства грунтов, слагающих русло и пойму реки на участке намечаемого строительства дамбы, уклон реки.

Необходим прогноз как плановых, так и вертикальных деформаций русла реки, что позволит не только обоснованно 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 ско-

ростями течения потока, физико-механическими характеристиками грунтов, обеспечит устойчивость конструкций от подмыва и последующего разрушения.

Определению достаточности глубины заглубления конструкции крепления берега реки или верхового откоса дамбы относительно дна реки необходимо придавать особое значение. Именно путем первоначального подмыва дамб обвалования и береговой каменной наброски у их оснований произошли дальнейшие разрушения дамб и берегоукреплений во всех случаях, зафиксированных при вышеизложенных натуральных обследованиях.

Должны точно определяться участки реки, где необходимо предусмотреть устойчивое крепление берега. Для этого необходимо знать 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.

Проведенные натурные обследования дамб и берегоукреплений показывают, что при проектировании этих сооружений вышеприведенные положения теории и практики 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 не сильно, то в бассейне р. Партизанской с ее большими уклонами дамбы всех мелиоративных систем на определенных участках были повреждены, а чаще 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.

Результаты проведенного исследования будут полезными для обоснования проектных решений по конструкциям дамб, берегоукрепительных сооружений и их плановому расположению при разработке территориальных строительных норм проектирования сооружений, а также конкретных мероприятий по инженерной защите территорий Приморья и других районов юга Дальнего Востока от наводнений.

УДК 626/627, 624.137.4, 627.8

## **ПРИЧИНЫ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН ГИДРОСООРУЖЕНИЙ МЕЛИОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

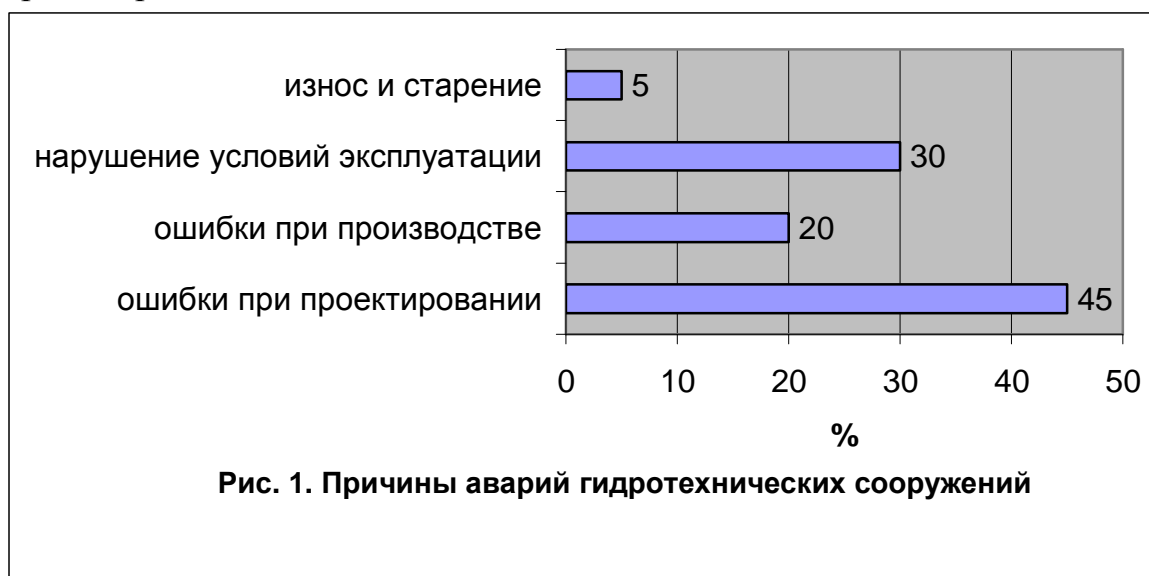
О.А. Доронкина

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

На территории России эксплуатируется несколько десятков тысяч плотин и других гидросооружений мелиоративного назначения, отнесенных к сооружениям III и IV классов. За последние десятилетия уровень безопасности этих сооружений существенно понизился, о чем свидетельствует статистика произо-

шедших аварий. Это связано с уменьшением объемов ремонтных работ, сокращением штатов эксплуатационного персонала, появлением бесхозных ГТС и рядом других причин. Кроме того, в отличие от сооружений I и II классов, гидротехнические сооружения III и IV классов имеют по нормативам значительно меньшее количество или полное отсутствие контрольно-измерительной аппаратуры, постов наблюдений и эксплуатируются менее квалифицированными кадрами.

Известны различные классификации причин, приводящих к авариям гидротехнических сооружений. По данным Ц. Е. Мирцхулава [1] 40...50% аварий происходит из-за ошибок при проектировании, 20 % - из-за ошибок при производстве, 30 % - из-за нарушений условий эксплуатации и 5...7 % - из-за износа и старения (рис. 1).



На основе анализа аварий на существующих грунтовых плотинах были выделены основные конструктивные элементы, для которых необходимо тщательное наблюдение и обследование: верховой и низовой откосы с их креплением; гребень; противофильтрационное устройство в теле плотины и в основании; дренаж; ливнеотводящие и дренажные каналы; сопряжения грунтовых и бетонных элементов; сопряжение тела плотины с основанием; зона влияния плотины в верхнем и нижнем бьефах.

Обобщение результатов обследования эксплуатируемых грунтовых плотин и их аварий, дает основание отметить, что верховой откос и его крепление относятся к одним из наиболее уязвимых конструктивных элементов, часто подвергающихся разрушениям.

На верховом откосе имеются зоны сопряжения различных по материалу элементов плотины (например, сопряжение бетонного крепления и обратного фильтра). Откос находится под воздействием переменного уровня воды, атмосферных осадков, солнечной радиации, ветра и др. Поверхности верховых откосов в наибольшей степени подвержены воздействию волновых и ледовых нагрузок. Места переменного увлажнения элементов грунтовой плотины быстрее изменяют свои эксплуатационные показатели. При осмотре верховых откосов в зависимости от типа крепления наблюдаются деформации и нарушения.

Для каменного крепления – это переработка камня волнами и выветривание. Участки переработки откосов волнами характеризуются наличием промоин-пазух в верхней части откоса, смещенных в сторону гребня. У подножия пазух по линии уреза воды наблюдается скопление относительно крупного камня. Данный дефект был обнаружен на креплении верхового откоса плотины Пироговского гидроузла.

Признаками повреждения бетонного и железобетонного крепления откоса может быть – увеличение шероховатости поверхности, обнажение камней заполнителя и арматуры, раскрытие швов, взаимное смещение и просадка плит (Октябрьское, Поляковское водохранилища).

У откосов с асфальтовым креплением можно обнаружить вынос грунта из-под покрытия, просадки.

Появление растительности, полосы прибоя, навалы мусора, изменение очертания откосов характерны для всех типов крепления.

Причины аварий грунтовых плотин обусловлены не только ухудшением эксплуатационных характеристик против проектных значений. Многие сооружения оказываются в ситуациях, не предусмотренных проектом, которые требуют особого изучения.

К числу таких ситуаций можно отнести вынужденную эксплуатацию водохранилища на уровне мертвого объема (УМО) из-за опасения разрушения напорного фронта гидроузла.

На рисунке 2 представлена зона разрушения бетонного крепления верхового откоса земляной плотины Октябрьского водохранилища. На верховом откосе земляной плотины, укрепленном железобетонными плитами, выявлены участки разрушения крепления и вымыва грунта из тела плотины на значительную глубину. Также отмечены разрывы в швах между сборными плитами с вымывом грунта из-под них, просадка нижних рядов железобетонных плит на многих участках.



Рис. 2. Разрушения бетонного крепления верхового откоса плотины Октябрьского водохранилища

Анализ проектных материалов по креплению верхового откоса земляной плотины железобетонными плитами показал, что главной причиной разрушения была укладка плит непосредственно на глинистые грунты плотины без устройства фильтровой подготовки. При производстве ремонтных работ обратный фильтр под плитами опять не был уложен. В данном случае при производстве работ не соблюдались указания СНиП 2.06.05-84\*. Кроме того, эксплуатация водохранилища происходила в режиме уровня мертвого объема. Понижение полосы приборя привело к частичному разрушению опорного зуба крепления и сползанию первых рядов плит крепления.

Эксплуатация Шапсугского водохранилища в республике Адыгея, спущенного до уровня мертвого объема, происходит в режиме прямотока. Здесь наблюдается постепенное разрушение обсохших ограждающих дамб. Территория ложа водохранилища заросла высшей болотной растительностью. Неконтролируемые расходы через сбросные сооружения ведут к их разрушению, а также угрожают затоплением территории, расположенной в нижнем бьефе.

Другая ситуация, заслуживающая внимания, это некачественный прогноз паводковых расходов и ошибок в управлении пропуском паводков.

На Поляковском гидроузле в Самарской области было отмечено отсутствие предпаводковой сработки водохранилища. В результате данной ситуации произошло намокание грунтов верхней части напорного откоса, приведшее в зимний период к морозному пучению грунта тела плотины и деформации крепления. Ледовыми полями был разрушен входной оголовок паводкового сифонного водосброса.

Строительными нормами и правилами предусматриваются поверочные расчеты на устойчивость откосов, на опрокидывание, на фильтрационную прочность, устойчивость против нагрузок от ветрового нагона, волновых воздействий и др. Но в нормативной документации не рассматриваются ситуации, возникающие при сочетании экстремальных нагрузок и являющиеся основной причиной разрушения сооружений в современных условиях.

Например, при эксплуатации водохранилищ при форсированном подпорном уровне может возникнуть экстремальная штормовая нагрузка. Волны могут достигнуть гребня плотины и перелиться через него.

При длительной эксплуатации на уровне мертвого объема волновые, ледовые нагрузки могут негативно влиять на входные оголовки водозаборных и водопропускных сооружений и крепления верховых откосов.

В случае выхода из строя дренажа может происходить выклинивание кривой депрессии на низовой откос с угрозой потери суффозионной устойчивости грунтов тела плотины. Такая ситуация не предусмотрена СНиПом, т. к. считалось, что дренаж должен быть немедленно отремонтирован. Однако известны случаи, когда на ремонт не выделялось финансирование, и плотины с неработающими дренажами эксплуатировались несколько лет. В этом случае постепенное намокание тела плотины грозит потерей устойчивости ее откосов.

Перечень сочетаний экстремальных нагрузок может быть продолжен. Для каждого из таких сочетаний следует выполнить прогноз состояния, и преду-

смагивать его результаты в проектах реконструкции и капитального ремонта сооружений.

#### Литература

1. Кавешников Н. Т. Эксплуатация и ремонт гидротехнических сооружений. М. Агропрмиздат, 1989 г.
2. Малаханов В. В. Техническая диагностика грунтовых плотин. М.: Энергоатомиздат, 1990г.
3. Рекомендации по проведению визуальных наблюдений и обследований на грунтовых плотинах П72-2000, ВНИИГ, Санкт-Петербург.
4. СНиП 2.06.05-84\* Плотины из грунтовых материалов.
5. Декларация безопасности Октябрьского водохранилища. М., 2004 г.
6. Декларация безопасности Поляковского водохранилища. М., 2004 г.

УДК 626.1.17+624.137.4

### **ОБЛЕГЧЕННЫЕ КРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ОТКОСОВ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

А.Н. Ежков

ННГАСУ, Н.Новгород, Россия

К облегчённым креплениям грунтовых откосов гидромелиоративных сооружений относятся крепления из минеральных каменных и гравийно-песчаных материалов, крепления с использованием синтетических и геотекстильных материалов, а также крепления из материалов органического происхождения. Как наиболее распространённые можно выделить следующие типы креплений [1]:

- из минеральных материалов:

- 1) каменная наброска;
- 2) каменное мощение;
- 3) каменная наброска в плетнёвых клетках;
- 4) каменная наброска с проращиваемыми кольями;
- 5) фашинное крепление;
- 6) каменная наброска в железобетонных ящиках;
- 7) габионное крепление;
- 8) крепление с использованием синтетических и геотекстильных материалов: GEOWEB, Incomat, Secumat, Secudran, Terrafix и др.;

- из органических материалов:

- 1) хворостяная и тюфячная кладка;
- 2) хворостяные плетни;
- 3) посадка кустарника;
- 4) одерновка;
- 5) посев многолетних трав по слою растительного грунта.

Перечисленные типы креплений откосов обладают рядом достоинств. Это в первую очередь – возможность применения местных строительных материалов вместо дорогостоящих привозных и бетонных. Они практически не нару-



шают естественный ландшафт, поскольку обладают необходимой деформативностью и не требуют строгой планировки откосов. Внешний вид креплений соответствует естественной природной среде, что является важным экологическим аспектом. Их применение позволяет сохранить естественный природный дренаж. Названные крепления значительно дешевле креплений из бетона и асфальтобетона.

Указанные типы креплений имеют ограничения для применения на крупных гидроузлах, но широко используются для крепления откосов сравнительно небольших гидротехнических сооружений (каналы, плотины, регуляционные сооружения, берега, рек и др.).

Крепление грунтовых откосов гидротехнических сооружений с использованием синтетических и геотекстильных материалов GEOWEB, Incomat, Secumat, Secudran и др. является новым типом крепления. Перечень объектов применения пока достаточно узок. Диапазон применения крепления с использованием геосинтетиков не определен. Выявление этого диапазона является важной научной и практической задачей.

Одним из вариантов является крепление из ячеистых полиэтиленовых панелей GEOWEB с дисперсными заполнителями.

Ячеистая полиэтиленовая панель – это гибкая конструкция, выполненная из высокопрочных полиэтиленовых лент путем их сварки по отдельным линиям. В растянутом состоянии образуется сквозная ячеистая панель, которая может укладываться на грунт и загружаться заполнителем. Панели выпускаются различными фирмами в США, России, Китае и других странах. Внешний вид и параметры панелей приводятся на рис. 1 [2].

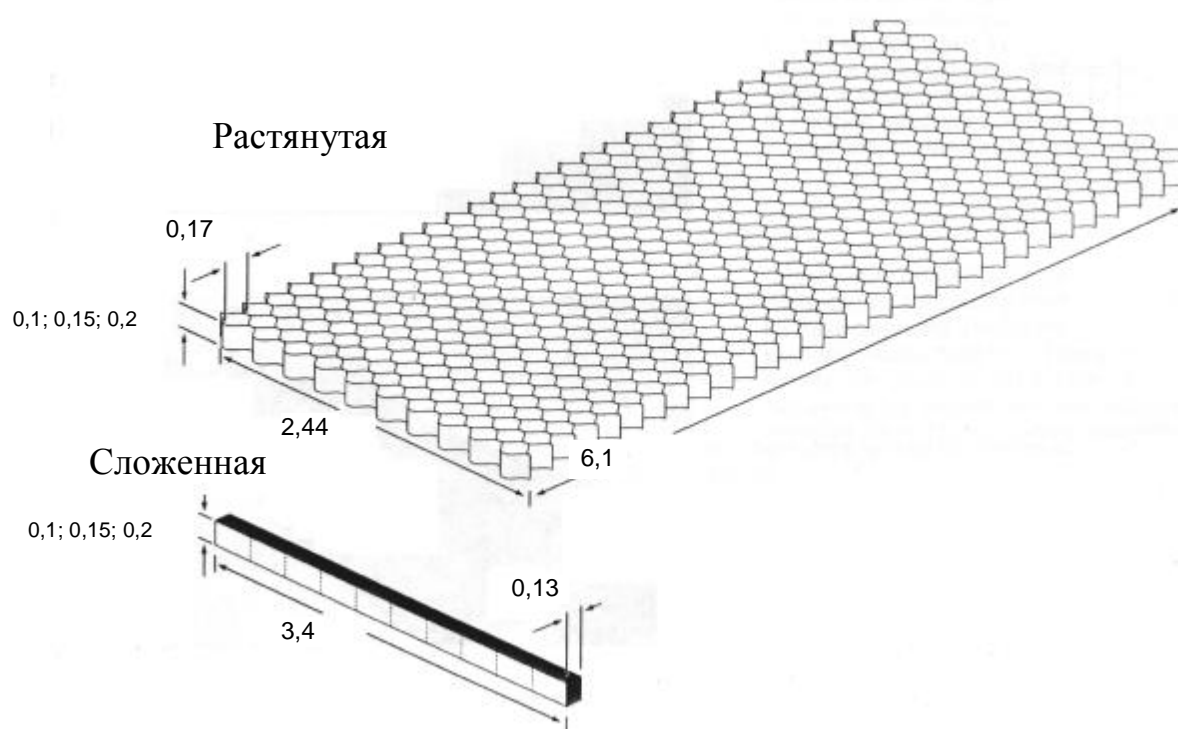


Рис.1. Внешний вид и размеры панели «GEOWEB» (размеры в метрах)

Впервые в России крепление откосов ячеистыми полиэтиленовыми панелями GEOWEB с дисперсными заполнителями применено около 10 лет назад на объектах АО «Нижегородспецгидрострой», наиболее крупными из которых являются струнаправляющие дамбы моста через р. Ветлуга и подходы к наплавному мосту через р. Волга. Крепление получает широкое распространение в Нижегородской и др. областях и имеет хорошие перспективы на будущее.

С использованием ячеистых полиэтиленовых панелей возможно устройство двух типов креплений грунтовых откосов, отличающихся по конструкции и условиям работы: а) покрытия откосов или облицовки; б) многослойные подпорные стенки (рис. 2) [3].

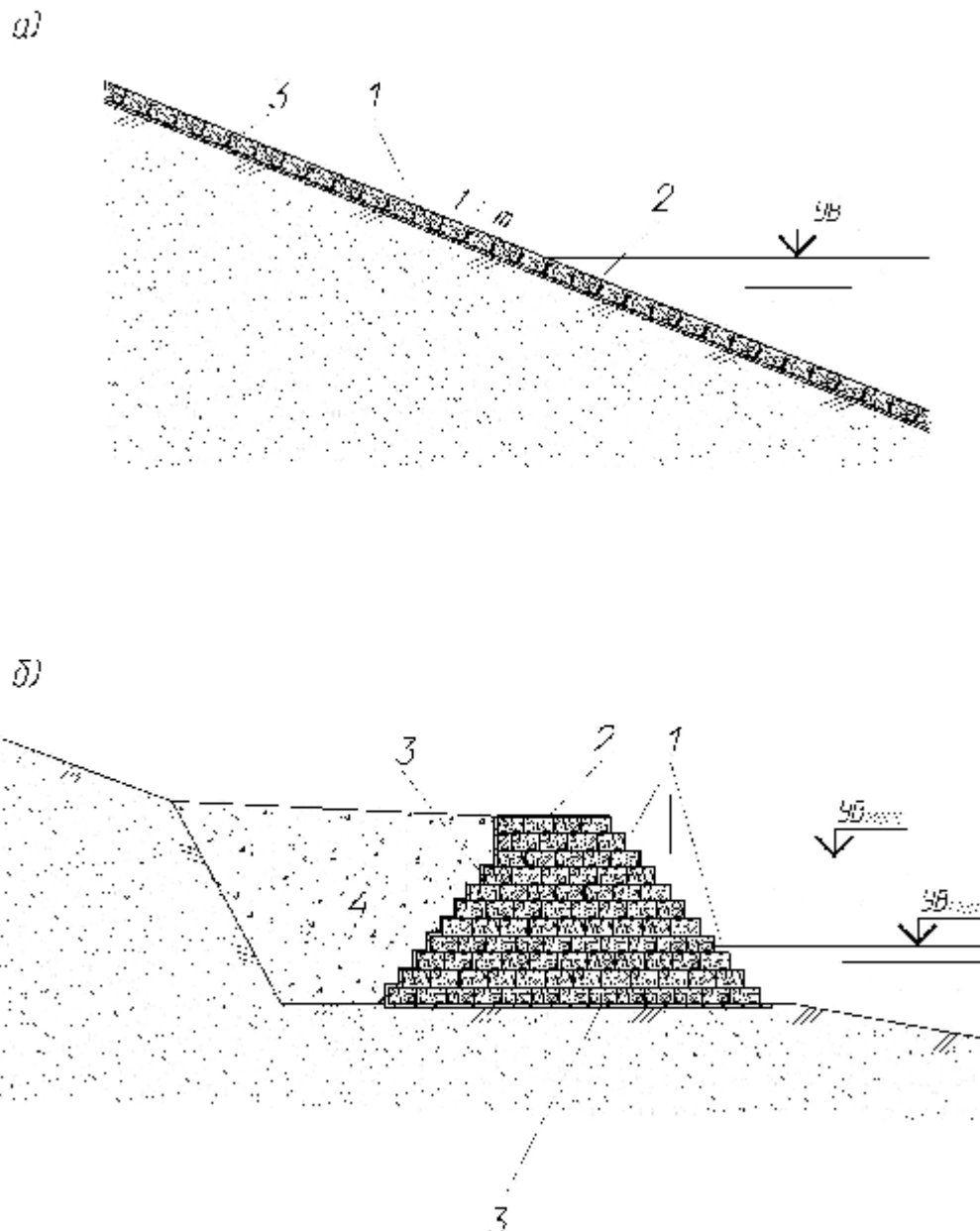


Рис.2. Схемы крепления грунтовых откосов гидротехнических сооружений ячеистыми полиэтиленовыми панелями с дисперсными заполнителями:

а) облицовка; б) многослойная стенка:

- 1) – ячеистая полиэтиленовая панель GEOWEB; 2) – дисперсный заполнитель;  
3) – геотекстильный обратный фильтр; 4) – засыпка пазух

К настоящему времени в ННГАСУ реализован комплекс исследований, направленных на выявление области применения креплений грунтовых откосов с использованием ячеистых полиэтиленовых панелей GEOWEB с дисперсными заполнителями. Исследования реализованы в следующем составе: 1) лабораторные гидравлические испытания крепления, 2) расчетные исследования восприятия креплением волновых нагрузок; 3) расчетная оценка восприятия креплением ледовых нагрузок; 4) выполнена оценка возможности применения геотекстильных материалов в качестве обратного фильтра под крепление; 5) выполнены расчетные исследования устойчивости крепления на грунтовых откосах.

В результате гидравлического исследования установлено, что применение панелей в креплении приводит к увеличению неразмывающей скорости на  $0\div 77,9\%$  по сравнению с неразмывающими скоростями для каменной наброски [4].

Исследованное крепление рекомендуется применять при расчетной высоте волн до  $0,7\div 0,9$  м. Эффективность присутствия панелей в креплении по высоте волн составляет  $16\div 26\%$  по сравнению с каменной наброской [4].

По условию допускаемых напряжений на нижней границе крепления от удара и навала ледяного поля и устойчивости его к истирающему действию льда, крепление можно применять при расчетной толщине льда  $0,25\div 1,5$  м [4].

По условию устойчивости крепления к воздействию примерзшего льда при изменении уровня воды наибольшую опасность представляет изменение уровня воды при толщине льда до  $0,5$  м, т.е. в период становления льда и нарастания глубины промерзания откоса, но не в период вскрытия водоема от льда, когда толщина льда и промерзание откоса достигают максимальных значений [4]. Наименьшей устойчивостью к восприятию нагрузки от примерзшего льда обладают крепления на откосах заложением  $m=2$ ,  $m=3$ ; на более пологих откосах крепление устойчиво к воздействию примерзшего льда при изменении уровня воды.

Геотекстильные материалы эффективны для использования в качестве обратных фильтров под крепление [4]. При этом, на откосах, подверженных действию ледовых нагрузок, нельзя допускать вымывание (разрушение) верхнего слоя заполнителя крепления, что может привести к продавливанию стенками панели геотекстильного материала.

В результате исследования устойчивости крепления против сползания по контакту с грунтом откоса выявлено следующее [4]: на песчаных откосах крепление устойчиво к сползанию при угле наклона их к горизонту  $30^{\circ}$  и положе, эффективность анкеровки панелей может достигать  $24\div 44,5\%$  для сухого откоса,  $15\div 39\%$  для подтопленного откоса; для откосов из глинистых грунтов крепление обладает большим запасом устойчивости ( $k_{уст}>2$ ), а эффективность анкеровки незначительна (до  $9\%$ ).

На базе проведённых исследований разработана программа «*Slope*» для автоматизации подбора крепления с помощью ЭВМ.

Натурные наблюдения за креплением, осуществляемые на ряде объектов с максимальным сроком эксплуатации 10 лет, свидетельствуют о его эксплуатационной надёжности [4].

Экономический анализ показал, что в современном уровне цен на полиэтиленовые панели, дисперсный наполнитель, геотекстильные материалы, крепление экономически эффективно при средней скорости водного потока более 2 м/с и высоте волн более 0,5 м [4].

На основании результатов исследований, а также с учетом опыта эксплуатации в натуральных условиях, разработаны рекомендации по проектированию креплений (в виде облицовок) откосов ячеистыми полиэтиленовыми панелями GEOWEB с дисперсными наполнителями.

#### Литература

1. Ежков, А.Н. Природоприближенное крепление грунтовых откосов / А.Н. Ежков // «Великие реки 2001»: Генеральные докл., тез. докл. Междунар. научн.-промышл. форум. - Н. Новгород: ННГАСУ, 2002. – С. 222-224.
2. Ежков, А.Н. Укрепление откосов ячеистыми полиэтиленовыми панелями с дисперсными наполнителями / А.Н. Ежков // Сб. трудов аспирантов и магистрантов. Технические науки. - Н. Новгород: ННГАСУ, 2002. – С. 77-79.
3. GEOWEB CELLULAR CONFINEMENT SYSTEM V-SERIES MATERIAL SPECIFICATION. --Presto Products Company, P.O. Box 2399, Appleton, Wisconsin, USA 54912-2399/
4. Ежков А.Н. Крепление грунтовых откосов ячеистыми полиэтиленовыми панелями с дисперсными наполнителями / Ежков А.Н., Соболев С.В. // Изв. ВУЗов Стр-во, - 2003. - №5. - С. 71-74.

УДК 626.8.624.071

## **ОБОСНОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ОБЛЕГЧЕННЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

Т.П. Кашарина, Д.В. Кашарин, А.М. Кореновский  
ФГОУ ВПО НГМА, оочеркасск, Россия

Эксплуатационная надежность работы облегченных гидротехнических сооружений (ГТС), включающая их безотказность и долговечность, зависит от уровня надежности составляющих элементов конструкции.

Рассматривая конструкцию облегченного ГТС с применением композитных материалов, как единое целое, можно сказать, что второстепенных элементов практически в ней нет, так как выход из строя хотя бы одного из них ведет к полной потере устойчивости всего сооружения.

На основании многолетних наблюдений за работой облегченных гидросооружений из композитных материалов, а также проведенных натурных исследований, был выполнен анализ возможных отказов и построено дерево отказов (рис.1).

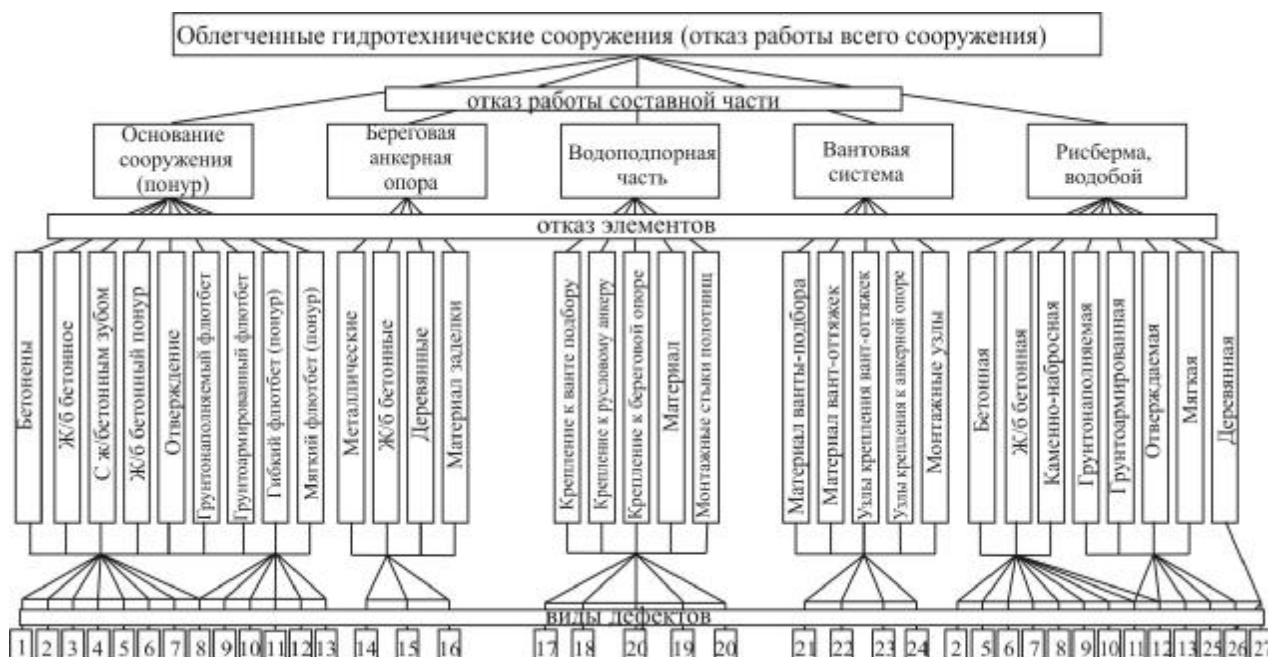


Рис. 1. Дерево отказов облегченных гидротехнических сооружений:

1-некачественные бетонные работы; 2-занижение параметров основания; 3-неправильное устройство опалубки; 4-осадка основания; 5-коррозия арматуры; 6-трещины; 7- разрушение облицовки; 8-размыв основания; 9-разрушение основания; 10-порывы, порезы; 11- сдвиг грунта -заполнителя; 12-обрыв армирующих элементов; 13-повреждение лицевой стенки; 14-смещение относительно проектного положения; 15-коррозия металлических анкеров; 16-потеря устойчивости анкеров; 17-порезы ткани водоподпорного полотнища; 18-разрыв швов; 19-отслоение металлокорда; 20-разрушение металлоконструкций руслового анкера; 21-смещение руслового анкера; 22- разрыв троса; 23-порезы троса; 24-механические повреждения; 25-трещины на болтовых соединениях, коушах; 26-фильтрация; 27-гниение

Отказы можно классифицировать по следующим признакам:

1. Причины возникновения: внешние отказы, вызванные недостатком конструкции (чрезвычайные ситуации природные или техногенные); внутренние отказы, вызванные недостаточно обоснованным конструктивным решением.

2. Появление их во времени: последовательные и медленнотекущие (медленно открепляющаяся ванта при повышении нагрузки во времени); внезапные (разрыв клеeproшивочного шва и множественный отрыв водоподпорного полотнища от гибкого флютбета или руслового анкера).

3. По отказам в течение срока эксплуатации: начальные повреждения (отслоение противofильтрационных обкладок); дефекты кратковременной или длительной работы конструкции (истирание материала оболочки).

4. В зависимости от изменения параметров и характеристик элементов конструкции: незначительные (увеличение длины ванта-подбора, что уменьшает создаваемый подпор в верхнем бьефе); значительные, приводящие к прекращению выполнения запроектированных функций (неправильная установка сооружения, возможность прохода воды в обход сооружения).

Систематизация основных видов и причин повреждаемости облегченных гидросооружений приведена в таблице 1.

Таблица 1. Виды и причины повреждений облегченных сооружений

Виды повреждений	Причины возникновения повреждений	Доля повреждений, %
Конструкторские дефекты	Необоснованная оценка выбранного створа;	10
	Неправильный подбор гидравлических параметров;	10
	Природные факторы, чрезвычайные ситуации. Антропогенные факторы (разрушение за счет повреждения резино-кордовых элементов плотины человеком) и т.п.	20
Технологические дефекты	Нарушение технологического процесса: не соблюдение требований проекта;	30
	Занижение глубины заложения основания (меньше глубина ж/б зуба и т.п.).	
	Некачественная поставка резино-тканевых комплектов; не выполнения правил и рекомендаций по монтажу понура, рисбермы, мембраны	
Эксплуатационные дефекты	Нарушения правил эксплуатации;	30
	Несвоевременный демонтаж резино-тканевых элементов сооружения;	
	Нарушение правил хранения;	
	Нарушение правил монтажа при повторной установке;	
	Просадка грунтового основания;	
	Деформация бетонных и ж/бетонных элементов конструкции	

Одним из важных факторов, влияющих на надежность работы облегченных гидросооружений является их долговечность. На современном этапе развития разработаны композитные материалы, которые не уступают по своим свойствам и долговечности традиционным и позволяют создавать рациональные формы конструкций, обеспечивая их работоспособность.

Длительная работа резино-тканевых и резино-кордовых материалов изменяет свойства упругости со временем при воздействии внешних факторов: солнечной радиации, химических элементов нефтеперерабатывающей промышленности и т.п. Срок службы некоторых композитных материалов достигает 50 лет.

Следует отметить, что химические волокна внутри резино-кордовых материалов проходят предварительное натяжение и специальную обработку. Резиновое покрытие следует выполнять с защитным слоем.

Оценку надежности работы облегченного сооружения можно давать в соответствии с требованиями, установленными в технических условиях на изготовление резино-тканевых (резино-кордовых или подобных) материалов и ме-

таллических узлов крепления, предусмотренных в типовом или рабочем проекте. При использовании расчетных методов контроля показателей надежности сооружения в целом определяют в соответствии установленным нормам:

$$R_p \geq R,$$

где  $R_p$ - расчетное значение показателя надежности,  $R$  – требуемое значение показателя надёжности.

Как показывает практика эксплуатации облегченных ГТС, необходимо вести контроль за своевременным устранением небольших дефектов и предусматривать автоматизацию режима работы подобных сооружений. Комплекс мероприятий по повышению эффективности работы облегченных гидросооружений представлен в таблице 2.

Таблица 2. Комплекс мероприятий по повышению эффективности и надёжности облегченных гидросооружений

Наименование мероприятия	Эффективность мероприятия	Нормативные документы
1	2	3
<b>1. Конструктивные мероприятия водоподпорных конструкций</b>		
Устройство грунтонаполняемого или грунто-армированного основания с использованием местных строительных материалов	Повышение устойчивости на сдвиг	Типовые проектные решения по облегчённым русловым плотинам ИНПЦ «Союзводпроект». Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации облегченных плотин с водовыпускными устройствами.
Устройство гибкого флютбета с водобойным колодцем	Снижение повреждаемости	Типовые проектные решения: «Мягкие водосливные плотины для малых водотоков».
	Повышение устойчивости работы сооружения	
Применение разборных узлов крепления	Возможность быстрой замены вышедших из строя анкеров, болтов, металлических закладных частей	Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации облегченных плотин с водовыпускными устройствами
Применение толсто-стенных или цельнозаполненных труб, брусьев и устройство опорных точек	Обеспечение надежности работы береговых анкерных опор	Типовые проектные решения: «Мягкие водосливные плотины для малых водотоков»
1	2	3

Применение обрезиненных тонких тросов для вантовой системы	Облегчает эксплуатацию (вес уменьшается в 2-4 раза, снижается их коррозионность, а, следовательно, и улучшается эксплуатация при сезонной работе)	Технические условия изготовления резинотканевых полотнищ и резинотканевых плотин
Применение более высокопрочных материалов водоподпорных оболочек (однослойных и многослойных кордовых материалов, предварительно напряженных)	Обеспечение долговременной эксплуатации полотнища без его замены и снижение повреждаемости	Технические условия изготовления резинотканевых полотнищ облегченных плотин
Устройство регулирующих окон	Обеспечение регулирования уровнями бьефов	Типовые проектные решения «Мягкие водосливные плотины для малых водотоков»
<b>II. Технологические мероприятия</b>		
Правильность выбора створа сооружения	Обеспечение нормальной работы сооружения	Инструкция по выбору створа
Соблюдение правил строительства сооружений, в т. ч. гидрогеологических условий, последовательности производства работ и монтажа закладных частей	Обеспечение надежности работы сооружения в целом	Технологические карты возведения облегченных ГТС
Устройство водоподпорного полотнища из составных элементов	Обеспечение водонепроницаемости и исключение фильтрации	Технологические карты возведения облегченных ГТС. Технологические карты ПАРС
<b>III. Эксплуатационные мероприятия</b>		
Эксплуатационный (авторский) надзор и текущий ремонт гидросооружения (регистрировать в журнал все неисправности)	Повышение надежности работы	Технологические условия на изготовление полотнищ облегченных плотин
Контроль за повреждениями основания сооружения	Повышение надежности работы сооружения	Типовые проектные решения по облегченным русловым плотинам
1	2	3



Контроль за повреждением резиноканевых (кордовых) материалов водоподпорной оболочки, гибких понура и рисбермы	Проведение необходимых замен в конце или начале сезона поврежденных частей	Типовые проектные решения по облегченным русловым плотинам. Технические решения по подпорно-регулирующим аэрационным сооружениям (ПАРС)
Контроль за уровнем воды в верхнем бьефе	Повышение надежности работы всего сооружения в целом	Инструкция по выбору створа мембрано-вантовой плотины типа ПММ-Д-30/2 (ПММ-Д-20/2)

В дальнейшем по материалам исследований будут разработаны нормативные документы и методические указания для специалистов проектных, научно-исследовательских, эксплуатирующих организаций, а также для собственников гидросооружений, органов надзора, позволяющие выполнить прогноз надёжности элементов или всего облегченного гидротехнического сооружения в целом, а также его влияние на окружающую среду.

#### Литература

1. Пособие к СНиП 3.07.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения» (Обоснования эксплуатационной надежности облегченных гидротехнических сооружений) //ИНИПЦ «Союзводпроект», ЮжНИИГиМ.- М., 2001.
2. Кашарина Т.П., Кашарин Д.В. и др. Рекомендации по оценке эксплуатационной надежности безопасного состояния отдельно расположенных и мелиоративных гидротехнических сооружений. – Ростов – на Дону 2002 г., – 69 с.

УДК 627.83

## **НЕТРАДИЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ГАСИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ ВОДНОГО ПОТОКА**

Н.В.Лебедев, В.Ф. Проданов, И.В. Васьков  
ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Бесперебойная и безаварийная работа водопропускных гидротехнических сооружений в большей степени обеспечивается работоспособностью нижнего бьефа, для обеспечения которой разрабатываются различные схемы, методы и конструкции гашения избыточной энергии потока.

Разработка совершенных энергогасящих конструкций в нижнем бьефе позволяет сократить строительную стоимость сооружений, увеличить срок службы, сократить эксплуатационные затраты, затраты на реконструкцию существующих гидротехнических сооружений, что является весьма актуальной задачей.

По современным воззрениям сущность гашения избыточной энергии потока в нижнем бьефе состоит в преобразовании структуры потока от высокотурбулентной (отношение пульсационной составляющей скорости к осредненной более 10%) до турбулентности потока в бытовых условиях.

Преобразование турбулентной структуры потока может быть осуществлено двумя различными способами.

Первый состоит в естественном снижении турбулентности до бытовой на некоторой длине вдоль потока, что влечет за собой усиление и длину крепления рисбермы. Это приводит к существенному увеличению стоимости сооружения. Кроме того, в случае изменения гидравлической работы сооружения (маневрирования затворами, аварийном заклинивании затвора и др.), возникающая при этом сбойность потока приводит к увеличению удельных нагрузок на отдельные участки рисбермы, подмыву отводящего русла, и как следствие, к увеличению эксплуатационных затрат на ремонт крепления и рисбермы.

Все вышеперечисленное заставляет даже для низконапорных водопропускных сооружений прибегать к устройству специальных энергогасящих конструкций в нижнем бьефе, применение которых и составляет суть второго способа.

В этом случае в поток вводятся различные механические препятствия в виде стенок (сплошных и прорезных), шашек, пирсов и др. Использование различных механических гасителей избыточной энергии потока позволяет сократить длину участка сопряжения, длину крепления в нижнем бьефе и как следствие, стоимость сооружения в целом.

К недостаткам известных механических гасителей относится невозможность регулирования степени их воздействия на поток, что бывает необходимо при изменении гидравлических параметров потока, особенно при работе сооружения в сложных условиях. Устранить указанный недостаток можно при воздействии на поток различными немеханическими способами (создание водовоздушных завес, ультразвуковыми воздействиями и др.) или их сочетанием с традиционными механическими. Дополнительные затраты, возникающие при организации нетрадиционного способа гашения энергии, компенсируется снижением эксплуатационных затрат на поддержание нижнего бьефа в работоспособном состоянии.

Во ВНИИГиМ разработаны способы и конструкции гасителей энергии, основанные на целенаправленном воздействии на турбулентную структуру потока и обладающие способностью изменения степени воздействия на поток.

Были проведены лабораторные исследования двух таких гасителей: водовоздушного и свайно-шашечного с подводом воздуха.

Принцип действия первого основан на создании в нижнем бьефе водовоздушной завесы, благодаря чему вихри крупных геометрических размеров с низкой частотой, образующиеся на водобое, особенно опасные с точки зрения устойчивости крепления, набегая на препятствие, дробятся на более мелкие с более высокой частотой, менее опасные для устойчивости этих же элементов крепления.

Во второй конструкции сохраняется этот же принцип действия, кроме того, энергогасящие свойства усиливаются за счет введения в поток механических препятствий в виде шашек и свай.

В обоих случаях существует возможность регулирования степени воздействия гасителей на поток путем уменьшения (до полного прекращения) или увеличения подачи воздуха.

Исследования проводились в лотке шириной 50 см, в котором установлена плотина в виде водослива с широким порогом высотой 40 см и длиной водобойной части 50 см. Вся ширина лотка на плотине перекрывалась плоским затвором. В нижнем бьефе на длине 5 м от отметки порога водослива дно отводящего русла формировалась из натурального песка со средним диаметром частиц  $d_{cp} = 0,36$  мм.

Исследования подразделялись на два раздела.

В первом разделе, посвященном исследованиям турбулентной структуры потока, проведено четыре серии опытов по девять в каждой. В качестве базы сравнения использовались результаты опытов с гладким водобоем. Остальные три серии проводились с гладким водобоем с подачей воздуха, со свайно-шашечными гасителями и со свайно-шашечными гасителями с подачей воздуха. Измерения мгновенных скоростей проводились шестью двухкомпонентными тензометрическими датчиками конструкции ВНИИГиМ в семи точках по глубине. В качестве регистрирующей аппаратуры использовался магнитограф Н067 с последующей обработкой опытных данных на анализаторе спектра, где предусмотрена возможность визуально получить форму энергетического спектра пульсационной составляющей скорости, который несет наибольшую информацию о структуре турбулентности потока. В данном случае исследования проводились на неразмываемой модели, что обеспечивалось покрытием dna отводящего русла цементной стяжкой.

Второй раздел был посвящен исследованиям размывающей способности потока в различных (вышеописанных) условиях гашения энергии. С этой целью цементная стяжка была удалена по всей длине, и поток непосредственно взаимодействовал с размываемым основанием. После стабилизации размыва величина воронки размыва измерялась шпиценмасштабами без остановки воды.

Анализ опытных данных позволяет сделать следующие выводы.

При гладком водобое, как и следовало ожидать, интенсивность нагрузки на датчики падает по мере их удаленности от водобоя и на всех датчиках растет от поверхности ко дну.

При подаче воздуха характер распределения спектральной плотности не меняется по длине, однако по глубине претерпевает существенные изменения. Если при гладком водобое интенсивность пульсации на частотах 1 – 10 Гц увеличивается от поверхности ко дну, то при подаче воздуха интенсивность пульсации на этих же частотах убывает от поверхности ко дну. Кроме того, подача воздуха позволяет снизить интенсивность нагрузок у dna на всех датчиках на пиковых частотах (1 – 2 Гц). Наиболее ярко эти изменения отмечаются на датчиках ближних к водобою.

Это свидетельствует об эффективности использования воздуха для трансформации спектра турбулентных пульсаций и защиты размываемого основания.

Свайно-шашечные гасители без подачи воздуха обладают таким же эффектом, как и водо-воздушные. В верхних слоях потока степень турбулентности повышается, в нижних – понижается, однако степень снижения турбулентности в нижних слоях несколько выше. Наиболее нагруженные частоты на всех глубинах от 1 до 5 Гц, а, начиная с частоты 10 Гц, энергонагрузка турбулентных пульсаций практически остается постоянной для всех датчиков и не зависит от глубины потока.

Использование свайно-шашечных гасителей с подачей воздуха еще более усиливает энергогасящий и трансформирующий эффект гасителей. Пиковые частоты на всех датчиках заметно повышаются. У дна, начиная с 5 Гц и выше, нагрузка на всех датчиках практически одинакова, а на удаленных от водобоя датчиках нагрузка одинакова и в диапазоне 1 – 5 Гц. К примеру, на датчике, ближнем к водобою, разница в энергетической нагрузке в диапазоне 1 – 5 Гц между гладким водобоем и свайно-шашечными гасителями с подачей воздуха достигает 200% и более, в диапазоне 5 – 10 Гц разница составляет 50 – 70% и лишь на частоте 10 Гц и выше снижается до 20%.

Из вышесказанного можно заключить, что наиболее эффективными из исследованных с точки зрения гашения энергии потока и трансформации спектра турбулентных пульсаций являются свайно-шашечные гасители с подачей воздуха. Водо-воздушные гасители также достаточно эффективны при определенных гидравлических режимах и могут быть с успехом применены для защиты оснований от размыва в низконапорных водопропускных сооружениях.

Одним из наиболее объективных показателей эффективности энергогасящих конструкций является величина местных размывов. По этому критерию наибольшую эффективность имеют свайно-шашечные гасители с подачей воздуха. Опытные данные показали, что относительная глубина воронки размыва  $\frac{h_{в.р.}}{h_0}$  снижается по сравнению с гладким водобоем в 1,5 – 2 раза и на 20 – 30% по сравнению со свайно-шашечными гасителями без подачи воздуха.

Таким образом, анализ результатов экспериментов позволяет сделать вывод о перспективности и эффективности использования метода целенаправленного изменения структуры турбулентного потока для гашения избыточной энергии. Кроме того, по результатам исследований была разработана конструкция свайно-шашечного гасителя с подачей воздуха, представленная на рисунке 1.

Для определения указанных на рис.1 параметров гасителя, как то – геометрических размеров шашек и свай в плане и по вертикали, планового размещения гасителя на водобое сооружения, диаметра воздухоподающих отверстий и др., были разработаны рекомендации, исходя из гидравлических характеристик потока и конструктивных особенностей сооружения.

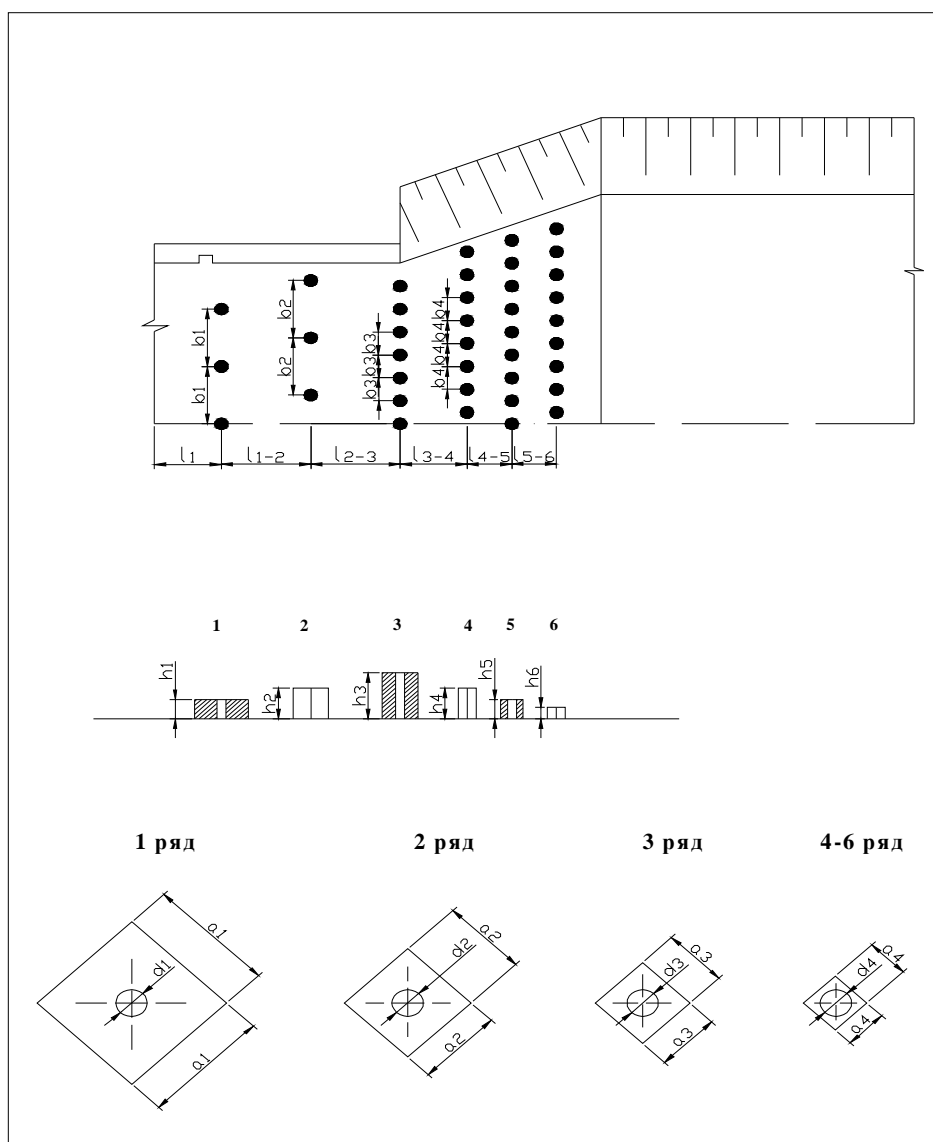


Рис.1. Конструкция свайно-шашечного гасителя с подачей воздуха

УДК 626.8

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПРОТИВПАВОДКОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ЛУГОПАСТБИЩНЫХ УГОДИЙ

Т.В.Наумова

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Практически на всех гидроузлах, перегораживающих русло реки несущих обильные донные наносы, создаются условия для интенсивного их осаждения в верхних бьефах. Причем на расстоянии, примерно равном ширине водосливного фронта, наблюдается образование острова, который со временем покрывается растительностью (кустарником, деревьями), что создает затруднения при пропуске высоких паводков и ухудшает условия подхода потока к водопропускным сооружениям. Создаваемый гидроузлами подпор вызывает переформи-

рование русловых участков, что вызывает блуждание потока, размыв берегов и мостов, затопление и подтопление пойменных массивов, а также может приводить к ухудшению санитарных условий района водотока.

Проводимые ВНИИГиМом исследования на гидроузлах бассейна р. Терек позволили разработать ряд противопаводковых мероприятий, по сокращению объемов заиления верхних бьефов и создания более благоприятные условия для пропуска паводковых расходов. Так проведение совместной очистки верхних бьефов гидроузлов (земснарядами, глубоких гидравлических промывок при снижении НПУ и частичных промывок без снижения НПУ при полном открытии одного-двух пролетов водосливной плотины) направлены на увеличение пропускной способности заиленных участков подводящего русла. При этом снижается вероятность прохождения паводков при повышенных горизонтах воды, приводящих к затоплению пойменных массивов.

Проведение данных противопаводковых мероприятий должны включаться в сценарные исследования по безаварийному пропуску паводков через гидроузлы на реках и водохранилищах. Для этого требуется не только оценка технических параметров проводимых мероприятий (сокращение объемов заиления), но и их экономическая эффективность.

Определение экономической эффективности проводимых противопаводковых мероприятий основывается на сопоставлении затрат на их осуществление с величиной ликвидируемого или предотвращенного ущерба.

Величина ликвидируемого или предотвращенного ущерба равна разности между расчетными величинами ущерба, который был бы в случае отказа от рассматриваемого мероприятия ( $Y_{отк.}$ ) и остаточного ущерба ( $Y_{ост.}$ ) после проведения противопаводкового мероприятия. Затраты на проведение противопаводковых мероприятий ( $Z_{п.п.м.}$ ) рассчитывается в соответствии с действующими нормативами.

Если  $Z_{п.п.м.} \leq Y$ , то проведение оцениваемого мероприятия считается экономически целесообразным и следует выбирать менее дорогостоящее, либо ликвидировать ущерб с меньшими затратами. В этом случае рассчитывается величина снижения потерь и формируется вариант с учетом проведения противопаводковых мероприятий.

Допуская, что при проведении противопаводковых мероприятий потери снижаются на величину  $\Delta\Pi$ , то по вновь сформулированному варианту рассчитываются все необходимые показатели для определения ущерба от изменившегося уровня потерь, т.е. оцениваются экономические последствия для сельскохозяйственных угодий.

Экономический эффект от проведения противопаводковых мероприятий определяется сопоставлением экономического ущерба по сформулированному варианту и ранее рассчитанному:

$$\Delta Y(\Pi) = Y_1(\Pi_1) - Y_2(\Pi_2);$$

где  $Y_1(\Pi_1)$  – экономический ущерб от потерь по варианту с большей величиной;  $Y_2(\Pi_2)$  – ущерб от потерь по варианту, предусматривающему проведение противопаводковых мероприятий.

Потери урожая сельскохозяйственных культур с пахотных угодий вследствие наводнений, могут быть определены из расчета ожидаемых потерь в результате паводка и грубой прикидкой разницы между себестоимостью и продажной ценой (прибыль). Однако для лугопастбищных угодий, даже в случае их дренирования, оказывается весьма затруднительным за короткий срок восстановить поголовье скота, чтобы сделать поправки в ущерб причиненном паводком. Поэтому в этом случае более приемлемым является отнесение причиненного паводком ущерба к альтернативным вариантам замены кормов в результате утраченного травостоя или силоса. Предлагается утраченный травостой выражать в терминах энергетической питательности кормов (ЭПК), тогда затраты на восстановление ущерба в денежных единицах могут быть выражены как:

$$Y = (\text{ЭПК} \cdot Z_{\text{в}}) + C;$$

Где  $Y$  – ущерб от паводка (руб/га); ЭПК – энергетическая питательность кормов (травостоя) теряемая из-за паводков (МДж/га);  $Z_{\text{в}}$  – затраты на возмещение кормов (руб/МДж) и  $C$  – дополнительные затраты, выражаемые (+) или (-) в зависимости от спасения определенного количества кормов (руб/га).

Оценка ущерба, наносимого паводками лугопастбищным угодьям в весенне-летний, период проводится в таблице 1 (цены 1983 г.). Наибольшие потери урожая происходят в ранний период сезона, когда наблюдается интенсивный рост травы. Наибольшие потери силоса происходят при его закладке в конце мая – начале июня.

Таблица 1. Оценка ущерба ( $Y$ ), наносимого паводками лугопастбищным угодьям, тыс.руб./га

	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	декабрь
Пастбищная трава				99,2	86,9	76,5	70,2	57,7	41,6			
Силос				102,8	158,8	140,9	65,1	54,2	40,4			

Учет сезонности наносимого паводком ущерба может быть определен из следующей зависимости:

$$Y_{\text{с.в.}} = \sum_{m=1}^{m=12} Y_m P_m;$$

где  $Y_{\text{с.в.}}$  – сезонный средневзвешенный ущерб,  $Y_m$  - ущербы, подсчитанные по месяцам,  $P_m$  - вероятность паводка по месяцам.

Если риск паводка низкий и расходы в реке, ведущие к наводнению, ожидаются один раз в 5 лет или меньшей повторяемости риска двойного или более паводков, то в какой-то год определение средневзвешенного ущерба может быть проигнорировано.

Для более частых наводнений, ущерба, слагаемые из многократных паводков, должны определяться отдельно, т.к. потери из двухразовой повторяемости паводка в некотором сезоне могут быть не равны двойным потерям от обычного паводка. Например, за паводком, проходящим в мае, может следовать паводок, проходящий в июне, поэтому ущербы составляются как сумма двух проходящих паводков, взятых отдельно. Допуская, что суммарная вероятность двух проходящих паводков в данном порядке является результатом вероятности каждого паводка, т.е. паводки зависимы, то сезонный средневзвешенный ущерб от двух паводков в год может быть рассчитан по следующей зависимости:

$$Y_{с.в.} = \sum_{m1=12}^{m1=1} \sum_{m2=12}^{m2=1} Y_{m1,m2} P_{m1} P_{m2};$$

где  $Y_{m1,m2}$  – ущерб от паводка в месяце  $m1$  с последующим паводком в месяце  $m2$ ;  $P_{m1} P_{m2}$  - вероятности паводков в месяцах  $m1$  и  $m2$ .

В случае необходимости этот метод может быть распространен к комбинациям большего числа паводков.

Несмотря на то, что сезонные средневзвешенные потери оцениваются ущербом от обычного паводка, среднегодовые потери будут зависеть от ожидаемой повторяемости паводковых событий. Если имеются натурные наблюдения, средний интервал между паводковыми событиями ( $T_p$ ) может оцениваться из числа паводков, зарегистрированных при продолжительных рядах наблюдения. При отсутствии гидрологического ряда наблюдений, можно использовать данные по вероятностям среднегодовых расходов воды, включающие в себя события большей или одинаковой повторяемости, чем данная величина. Период повторяемости по данным ежегодных максимумов расходов воды не может быть определен меньше, чем 1 год.

Для паводковых событий высокой повторяемости, риск паводка в отдельные годы может вмещать два и более паводка. Годовая вероятность вмещает различное число событий, которые могут быть оценены по формуле Пуассона:

$$P_n = e^{-1/T_p} \left( \frac{1}{T_p} \right) \left( \frac{1}{n!} \right);$$

где  $P_n$  - вероятность года, вмещающего  $n$  паводков;  $T_p$  – период повторяемости для паводкового события.

Тогда среднеежегодные потери от паводка данного периода повторяемости могут оцениваться как сумма потерь из числа паводков годовой вероятности, включающие данное число паводков.

$$Y_{с.г.} = Y_1 P_1 + Y_2 P_2 + \dots + Y_n P_n;$$

где  $Y_{с.г.}$  - среднеежегодный ущерб от паводка;  $P_n$  - годовая вероятность включающая  $n$  паводков;  $Y_n$  - сезонный средневзвешенный ущерб от  $n$  паводков в году.

Для периода повторяемости более 5 лет, годовая вероятность паводков небольшая, поэтому может не учитываться (табл.2).



Таблица 2. Вероятности года, вмещающего от 1 до 4-х паводков в зависимости от периода повторяемости

Период повторяемости	Число паводков в году			
	1	2	3	4
2	0,303	0,076	0,013	0,002
5	0,164	0,016	0,001	
10	0,090	0,005		
20	0,048	0,001		
50	0,020			

Проведение противопаводковых мероприятий по промывке и расчистке верхних бьефов гидроузлов обеспечивает снижение вероятности прохождения паводков при повышенных горизонтах воды, приводящих к затоплению пойменных массивов. Поэтому увеличение площади поперечного сечения русла в створе влияния гидроузла можно соотнести с уровнями воды на данном участке и расходами воды определенной обеспеченности. По данным фактических замеров до и после проведения очистки от отложившихся наносов можно подсчитать объемы извлеченного грунта и произведенные затраты, а также дать прогноз ожидаемых горизонтов воды при прохождении паводков различной обеспеченности.

В таблице 3 дается оценка прохождения паводковых расходов на предгорном участке р. Терек (Моздокский район у с. Виноградное).

Таблица 3. Оценка прохождения паводковых расходов на предгорном участке р. Терек

	Очистка земснарядом	Глубокая гидравлическая промывка при снижении НПУ	Частичная промывка без снижения НПУ
Объемы очистки, тыс.м <sup>3</sup>	479	317	198
Отношение паводкового расхода к его обеспеченности после очистки, (м <sup>3</sup> /с)/%	$\frac{1328}{3,7}$	$\frac{1298}{4,6}$	$\frac{1220}{7,1}$
Отношение паводкового расхода к его обеспеченности до очистки, (м <sup>3</sup> /с)/%	$\frac{1210}{7,6}$	$\frac{1210}{7,6}$	$\frac{1210}{7,6}$

Из табл.3 видно, что наиболее радикальными мероприятиями по очистке верхних бьефов гидроузлов являются первые два варианта (очистка земснарядами и проведение глубоких гидравлических промывок). Третий вариант, частичная промывка без снижения горизонтов воды можно отнести к дополнительным мероприятиям. Сочетание указанных вариантов позволяет получить

более гибкие технологические решения, учитывая интересы различных участников водохозяйственного комплекса.

Оценка трех вариантов проведения противопаводковых мероприятий проводилась в зависимости от их влияния на снижение вероятности прохождения паводков при высоких отметках представлена в таблице 4.

Таблица 4. Оценка проведения противопаводковых мероприятий

Противопаводковые мероприятия	Затраты по мероприятиям ( $Z_{п.п.м}$ ), тыс. руб	Величина предотвращенного ущерба ( $У_{с.г}$ ) тыс. руб	Экономический эффект $\mathcal{E} = U_{с.г} - Z_{п.п.м}$ тыс. руб
Расчистка земснарядом	129,3	56,0	-73,3
Глубокая гидравлическая промывка	-	40,4	40,4
Частичная промывка	-	24,0	24,0

Как показывают приведенные в табл.4 данные, наиболее эффективным оказывается вариант проведения глубоких промывок при снижении НПУ. Однако, отсутствие оценки ущерба, наносимого рыбному хозяйству, т глубокими промывками, оказывающие наибольший вред рыбному хозяйству, не позволяет сделать окончательный выбор.

Расчеты были проведены только по ущербам, наносимым паводком лугопастбищным угодьям, что безусловно является недостаточным при комплексной оценке проводимых мероприятий. В то же время предлагаемая методика является составной частью комплексной оценки и дает возможность более полно оценить предотвращаемый эффект в зависимости от периода повторяемости паводков и снижения их вероятности при проведении противопаводковых мероприятий.

#### Литература

1. Наумова Т.В. Мероприятия по сокращению заилению верхних бьефов гидроузлов. /Тезисы докладов Всероссийского конгресса работников водного хозяйства/. М: 2003, с.168.
2. Справочник по сенокосам и пастбищам – Россельхозиздат – М.: 1986, 334 с.
3. Hess T.M., Morris J. Estimating the value of flood alleviation on agricultural grassland.- Agricultural Water Management, № 15, 1988, p.p.141-153

УДК 627.1:532.543

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА В ЦЕЛЯХ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ НИЖНЕГО БЬЕФА ГИДРОСООРУЖЕНИЙ**

С.А. Сидорова

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Одной из основных проблем надежности работы гидроузлов мелиоративного и комплексного назначения является обеспечение устойчивости крепления нижних бьефов водосбросных сооружений. Известны многочисленные данные

натурных обследований аварий гидроузлов с перечислением причин выхода их из рабочего состояния. Чаще всего по статистике аварии происходят из-за разрушения креплений нижних бьефов гидросооружений.

В подавляющем большинстве случаев неудовлетворительная работа сооружений вызвана деформациями и разрушениями конструкций нижнего бьефа (65% обследуемых сооружений) – бетонных креплений и грунтового основания под ним. Недостаточная прочность и пространственная жесткость конструкций креплений нижнего бьефа сооружений, неудачно назначенная толщина плит креплений для заданных гидравлических условий работы, недостаточная длина водобоев и рисберм, статические или квазистатические методы расчета плит креплений являются серьезными причинами деформаций. Происходит раскрытие швов между сборными элементами креплений, вынос грунта из швов и из-под плит, что в свою очередь приводит к их неравномерным осадкам и потере устойчивости в горизонтальном положении (приподнимается один край плиты, опускается противоположный и возникает крутящий опрокидывающий момент от нагрузки). В результате, плиты креплений выходят из состояния расчетного равновесия. Появление дополнительных горизонтальных сил и опрокидывающих моментов в совокупности с пульсацией скоростей и давлений, как над плитой, так и в области под плитой приводит к отрыву плит креплений и смещению их вниз по течению, то есть частичному или полному разрушению крепления дна в нижнем бьефе.

По результатам обследований водопропускных сооружений водохранилищных гидроузлов Московской области имеются данные о деформациях и разрушениях плит креплений из-за ряда недостатков конструкций, нарушения швов и стыков между элементами сборного крепления. На гидроузле Мальпансо после нескольких маловодных лет при пропуске через водосброс расхода 29% расчетного было взломано дно водобойного колодца. Причем масса сорванных бетонных плит составляла 720 тонн. Причина разрушения дна колодца заключалась в воздействии пульсационной нагрузки (гидравлический прыжок в колодце был затоплен). На гидроузле Таксоркана произошло падение отдельной стенки в водобойном колодце длиной 6,0метров, толщиной 1,25метров и высотой 10,7метров.

Аварии нижних бьефов водосбросных сооружений происходят не только в тех случаях, когда условия эксплуатации по каким-либо причинам резко расходятся с проектными условиями. Разрушения плит крепления наблюдаются и в тех случаях, когда условия эксплуатации удовлетворительные. Главная причина разрушений конструкций водобоя и рисбермы кроется в воздействии динамической пульсирующей нагрузки на плиты крепления от водного потока над ними и проникающей под них. Существующие методы расчета конструкций крепления нижних бьефов предусматривают большие коэффициенты запаса, что значительно утяжеляет плиты крепления, тем не менее, не дают надежной гарантии устойчивости дорогостоящей части гидросооружений.

Основным направлением в совершенствовании методов расчета плит креплений является учет динамического характера их взаимодействия со средой, в которой им приходится работать - водой. Непостоянство гидравлических ре-

жимов работы сооружений, работа без подтопления в нижнем бьефе вызывает нежелательные формы сопряжения, такие как отогнанный прыжок, прыжково-волна с неравномерным распределением скоростей и значительной пульсацией давления. То есть создаются условия повышенной турбулентности скоростного потока, проявлением которой являются динамические пульсационные нагрузки. Устойчивость плит крепления в условиях работы нижнего бьефа начинает зависеть от величины экстремального выброса гидродинамической нагрузки на плиты. Максимальная гидродинамическая нагрузка на плиты крепления и наилучшие условия устойчивости крепления могут возникать в нормальных условиях эксплуатации при пропуске расходов более чем через два полностью открытых затвора водосбросов расположенных рядом и нормально подпертом уровне (НПУ).

Основной расчетной характеристикой гидродинамического воздействия потока является вертикальная составляющая гидродинамической нагрузки. Действующая горизонтальная сдвигающая составляющая гидродинамической нагрузки при отсутствии гасителей энергии незначительна и в расчетах не учитывается. Определяются все необходимые статистические характеристики процесса пульсации давлений. Вычисляются математическое ожидание нагрузки  $M_p$ ; стандарт пульсации нагрузки  $\sigma_p$ ; нормированная автокорреляционная функция  $R(\tau)$  и  $R(\tau) = 1$  при  $\tau = 0$  ( $\tau$  - время); нормированная спектральная плотность  $S(P)$ , как преобразование Фурье от нормированной корреляционной функции; спектральная функция  $S(\omega)$ , равная интегралу от спектральной плотности. Для получения сглаженной спектральной плотности, автокорреляционная функция умножается на корреляционное окно Хемминга. Вопрос осреднения пульсирующих нагрузок по площади плит крепления является достаточно сложным. Известно, что эффект осреднения сказывается в уменьшении дисперсии удельной нагрузки на одну треть от  $[R(0) - R(\tau_n)]$  для турбулентности в плоской задаче, когда автокорреляционная функция  $R(\tau)$  в диапазоне  $0 \leq \tau \leq \tau_n$ , где  $\tau_n$  - время прохождения возмущения над плитой, может быть аппроксимирована прямой. Основной частотной статистической характеристикой пульсирующей нагрузки ( $P'$ ) является ее ведущая частота ( $\omega_{вн}$ ). Преобладающие (или ведущие) частоты зависят от источника возникновения и изменяются от 0,05...0,5 Гц для волновых колебаний и до десятков Гц для турбулентной пульсации потока. На рисунке 1 приведен частотный спектр пульсации нагрузки, действующий на плиту крепления в условиях водобоя. Ведущая частота нагрузки определяется по первому локальному пику.

При расчетах плит креплений водобоев и рисберм на устойчивость рассматриваются условия, при которых не допускаются следующие перемещения: вертикальный подъем плиты, поворот относительно верхней или нижней грани плиты, горизонтальный сдвиг по поверхности грунта основания. Устойчивость плит крепления к перемещениям обеспечивается выполнением условия предельного равновесия конструкции под действием осредненных во времени ( $\bar{P}$ ) и пульсирующих нагрузок ( $P'$ ). В традиционных методах под «расчетной пульсирующей нагрузкой» на плиты понимается наибольший однократный

выброс, величиной 4...5 среднеквадратичных отклонений ( $\sigma_p$ ) от среднего значения нагрузки во времени.

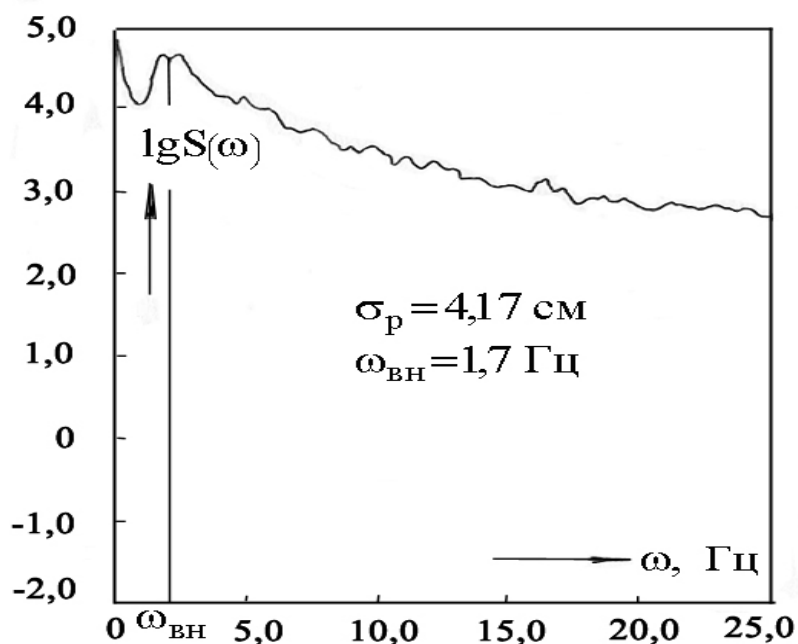


Рис.1 Частотный спектр случайного процесса  $P(t)$

Возможность рассмотрения и изменения подхода к выбору «расчетной пульсирующей нагрузки» с заведомо значительной величиной запаса, закладываемой при расчетах плит, обосновывается следующими рассуждениями. В спектре пульсации суммарной нагрузки выделены два характерных сплошных диапазона: короткопериодный (от 0,15...0,20 до 5...7 секунд), связанный с турбулентностью и волновыми колебаниями; длиннопериодный (от 7...10 до 20...30 секунд), связанный с локальными колебаниями уровня. Время действия импульса (выброса) нагрузки очень мало по сравнению со временем, которое понадобится плите крепления для перемещения до всплытия. Это происходит благодаря значительной инерционности системы «вода-плита-основание». Плита крепления может переместиться за это время действия импульса, на незначительное расстояние, преодолевая инерционные силы и по окончании действия импульса вернуться к прежнему состоянию. То есть плита крепления может колебаться под действием пульсационной нагрузки, но потери устойчивости, в данном случае всплытия не происходит. Таким образом, если мы имеем прогноз возможных перемещений плиты крепления  $z(t)$  под действием пульсирующей нагрузки, можно говорить об уточнениях при назначении расчетной нагрузки в расчетах плит креплений. Однако здесь требуется переход от квазистатической постановки задачи к динамической постановке. При этом уточняются коэффициенты, принимаемые в запас устойчивости.

Одним из основных направлений в повышении надежности работы креплений нижних бьефов в целях обеспечения безопасности работы гидросооружений представляется совершенствование методов их расчета. А это наиболее полный учет особенностей динамического взаимодействия плит крепления с потоком и основанием. При этом проблема возникает и при определении поня-

тия устойчивости и, как следствие, выборе расчетной схемы. Существуют два характерных понятия устойчивости плит креплений при выборе расчетной схемы:

- непрерывный контакт плит крепления с основанием, нагрузки приложены квазистатические; потеря устойчивости возникает при нарушении контакта плиты с основанием. Прогноз поведения плиты после наступления этого момента не рассматривается;
- допустимое перемещение плит крепления относительно основания, учитывается динамический характер нагрузки; потеря устойчивости возникает при перемещении на величину, превышающую допустимую. Прогноз перемещений плиты после потери устойчивости не рассматривается.

Эти расчетные методы на базе выбора таких расчетных схем ограничены рамками наступления заранее выбранных моментов, тогда как в условиях эксплуатации плит крепления они могут наступать не единожды без реальной потери устойчивости. Продвинувшись дальше и рассматривая дальнейший процесс перемещения плит креплений под воздействием гидродинамической нагрузки, можно приблизиться к реальным условиям работы плит и, соответственно, потере устойчивости. Реализация нагрузки и перемещения приведены на рисунке 2.

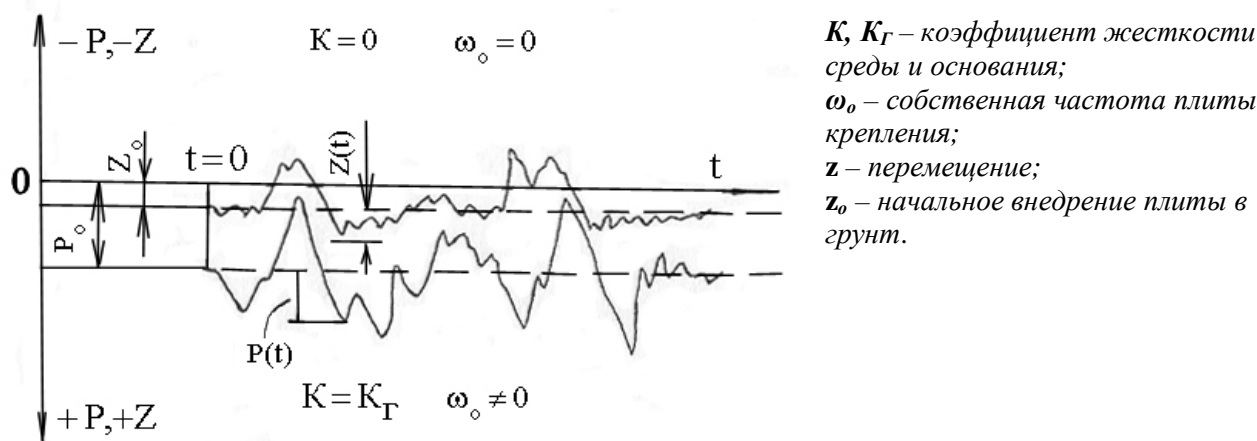


Рис. 2 Реализация нагрузки и перемещения

При прогнозировании возможных перемещений плит  $z(t)$ , основным характеризующим параметром устойчивости крепления, является математическое ожидание перемещения  $M_z$ . Принимается следующее условие устойчивости: если под действием гидродинамической нагрузки плита колеблется, однако математическое ожидание ее положения за период ( $T$ ) действия нагрузки равно нулю, то плита считается устойчивой.

$$M_z = \frac{1}{T} \int_0^T z(t) dt = 0 \quad (1)$$

В конкретных условиях это значит, что плита крепления или внедряется в основание на определенную глубину в зависимости от жесткости основания или отрывается от него. Однако среднее по времени положение плиты совпадает с расчетной границей грунта основания, то есть с границей принятой как со-

ответствующая состоянию покоя. При динамической постановке задачи рассматривается условие мгновенного равновесия плиты крепления под воздействием гидродинамической нагрузки. Это выражение может быть представлено в виде формулы (2).

$$G_{пл} \geq \bar{P} + K_{дн} \sigma_p \quad (2)$$

В формуле (2)  $G_{пл}$  - вес плиты крепления;  $\bar{P}$  - осредненная вертикальная составляющая нагрузки;  $K_{дн}$  - коэффициент динамичности системы, зависящий от массы плиты (учитывая массу воды, присоединенную к плите сверху и снизу), жесткости грунтового основания  $K_r$  и основных динамических параметров системы (собственная частота колебаний плиты  $\omega_o$ , коэффициент свободных затуханий плиты  $\theta$ , ведущая частота нагрузки  $\omega_{вн}$ );  $\sigma_p$  - стандарт пульсации суммарной гидродинамической нагрузки на плиту. Пример расчета коэффициента динамичности, при распределении вероятности пульсаций по закону, близкому к нормальному и значении стандарта пульсации нагрузки  $\sigma_p = 4,17$  см водяного столба, представлен на рисунке 3.

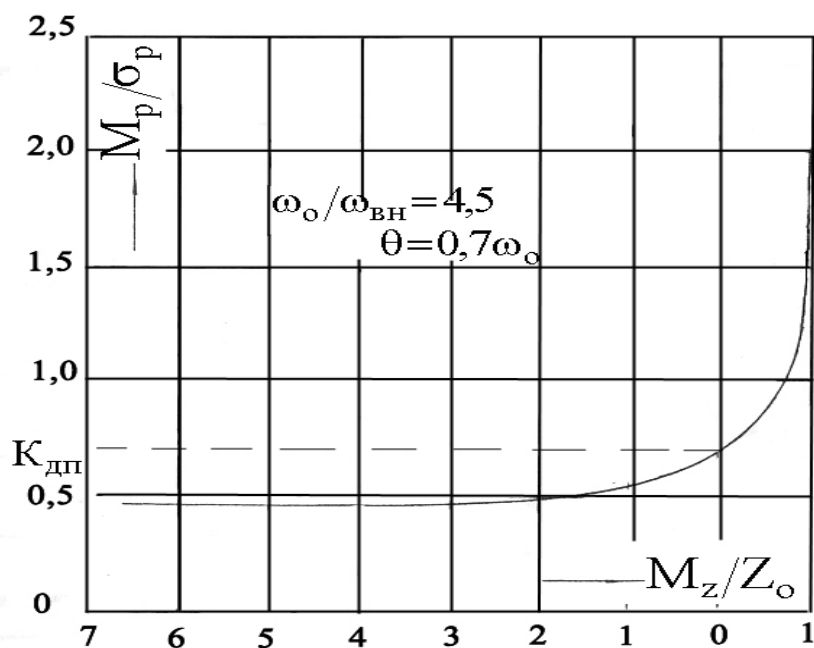


Рис.3 Результаты динамического расчета

Расчет толщины плит крепления, обеспечивающий динамическую устойчивость проводится в следующей последовательности:

- оценивается жесткость основания и собственные частоты колебаний плиты на грунте основания;
- определяются или назначаются статистические характеристики пульсации нагрузок на плиту крепления;
- определяется коэффициент динамичности;
- определяется толщина плиты.

Такой подход к решению проблем безопасности в работе нижних бьефов гидросооружений дает возможность рассчитать плиты крепления водобоя и

рисберм, сохраняющих устойчивость под действием динамических нагрузок при донных режимах сопряжения бьефов. При этом резко снижается вероятность возникновения аварийных ситуаций на гидроузлах.

УДК 556.536, 631.6

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ РЕТРОСПЕКТИВНОЙ ЧАСТИ БОКОВОЙ ПРИТОЧНОСТИ К ВОДНОМУ ОБЪЕКТУ**

М. В. Трошина

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Определение уровня, расходного и скоростного режимов в русле реки, на основе известных данных (морфологии, объемов притоков и т. д.) принято называть прямой гидрологической задачей.

В современных условиях решение прямой гидрологической задачи существенно упростилось, когда представилась возможность применения гидродинамического компьютерного моделирования. Появились различные программные комплексы - MIKE11, HEC-RAS и др., позволяющие выполнять сложные гидравлические расчеты [1,2].

Использование математических моделей стало и продолжает оставаться наиболее действенным средством при исследованиях водных объектов и решении вопросов проектирования и управления водными ресурсами. Математические модели имеют большие возможности и как инструменты исследований проблем окружающей среды, и как прикладные инструменты при выборе стратегий управления.

Один раз разработанная для конкретного водного объекта и откалиброванная по натурным данным модель позволяет в дальнейшем решать в оперативном режиме различные гидродинамические задачи.

В настоящее время в России значительно усложнился процесс получения данных наблюдений о водном объекте. Причиной является сокращение числа пунктов наблюдений – водопостов, а также то, что на многих существующих постах теперь наблюдается только уровень режим.

Уточнение гидрологических характеристик водотока по данным наблюдений и, в частности, определение боковой приточности, принято называть обратной гидрологической задачей.

Как показывают многолетние наблюдения, объем боковой приточности в половодье на рассматриваемом участке реки может составлять значительную величину. А поскольку расходы гидроузлов рассчитываются исходя из прогнозов различной обеспеченности, то отсутствие информации о боковой приточности может привести к существенным ошибкам в оперативном управлении пропуском паводковых вод. В такой постановке необходимость решения обратной гидрологической задачи является очевидной.

В рамках обратной гидрологической задачи в данном случае понимается определение возможной неучтенной боковой приточности по наблюдаемым су-



точным уровневым режимам на водопостах, сбросным расходам на граничных гидроузлах. Гидродинамическая модель водного объекта дает возможность в оперативном режиме скорректировать ретроспективную часть боковой приточности.

Решение обратной гидрологической задачи рассмотрено на примере участка р. Волга между Горьковским и Чебоксарским гидроузлами, который имеет протяженность 338 км [4]. На этом участке, со временем добегающим порядка 3-х суток и менее, уточнение боковой приточности с опозданием 6 часов (интервал наблюдений на водопостах) имеет существенное значение для управления пропуском с Чебоксарского гидроузла. Основную водозаборную площадь, формирующую боковую приточность, составляют бассейны рек Ока, Сура и Ветлуга. Кроме этих крупных притоков на рассматриваемом участке в реку впадает около 15 менее значительных притоков. На рисунке 1 показана схема рассматриваемого участка с указанием поперечников.



Рис. 1. Схема размещения поперечников по р. Волга на участке от Нижегородского до Чебоксарского гидроузлов

На первом этапе решения обратной задачи была разработана компьютерная гидродинамическая модель данного участка в среде MIKE 11 Датского гидравлического института. Модель реки представляла собой набор взаимосвязанных баз данных с исходной информацией по плановому расположению речной сети, поперечникам, гидрографам заборов и сбросов воды, граничным и начальным условиям. Специальный обрабатывающий HD-модуль программы позволил при помощи численного решения уравнений Сен-Венана определить в динамике расходы, уровни и другие необходимые параметры по всему бьефу [3]. Созданная модель была с большой точностью откалибрована по многолет-

ним рядом наблюдений и после этого превратилась в инструмент для решения обратной гидрологической задачи.

На рисунке 2 показана кривая свободной поверхности Чебоксарского бьефа, построенная с помощью гидродинамической модели.

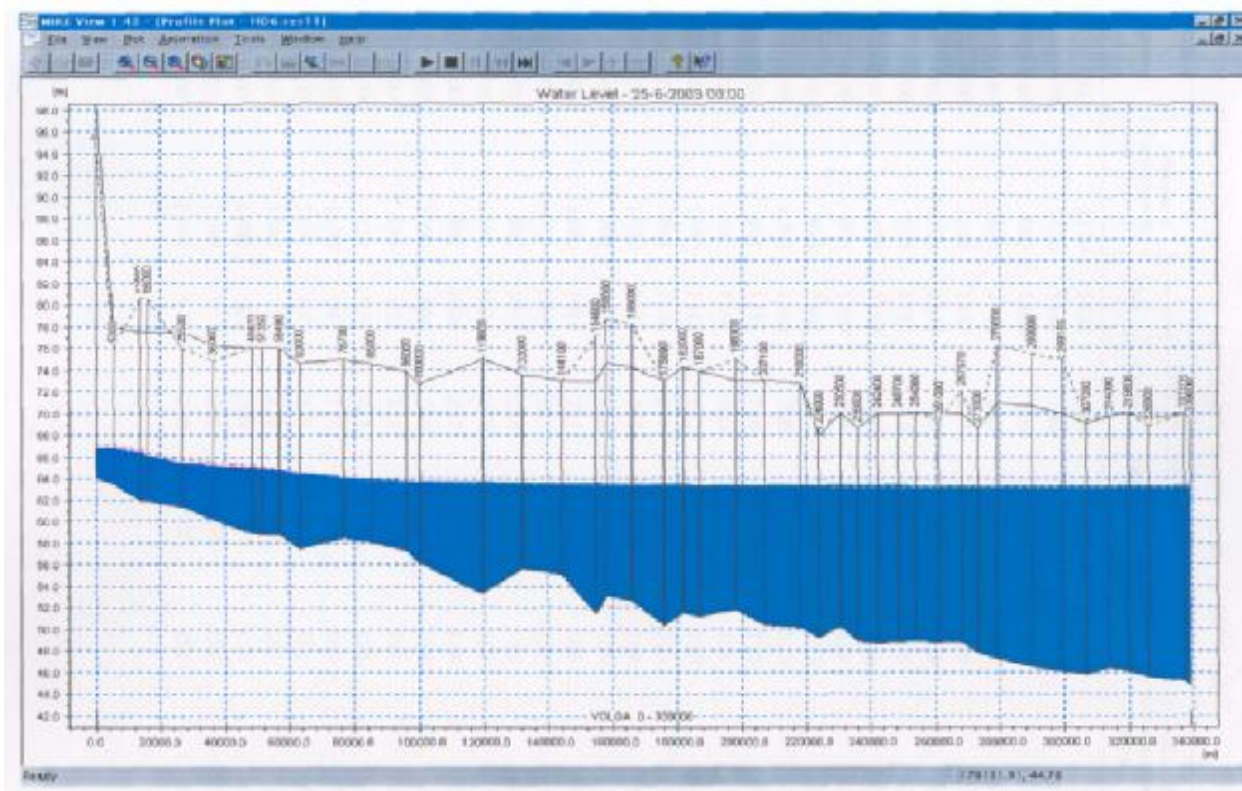


Рис.2. Кривая свободной поверхности Чебоксарского бьефа

На втором этапе гидродинамическая модель использовалась для уточнения боковой приточности к реке. Расчет заключался в последовательном задании данных прогнозной приточности и дальнейшем расчете по модели уровней на водопостах для заданного момента времени. Затем рассчитанные уровни сравнивались с наблюдаемыми и в случае несовпадения приточность корректировалась в сторону увеличения или уменьшения. Этот процесс многократно повторялся до тех пор, пока расхождения наблюдаемых и расчетных уровней на водопостах не стали меньше некоторой величины, характеризующей точность расчетов. На рисунке 3 показаны прогнозная и расчетная боковые приточности.

На основе полученных результатов при наличии гидродинамической модели был воссоздан гидрограф боковой приточности, позволяющий использовать его при прогнозировании объема боковой приточности, а также для оценки общей гидрологической обстановки на реке, особенно во время пропуска дождей и весенних паводков.

Выполненные расчеты зафиксировали общее увеличение стока половодья в Чебоксарском створе на 3-5% (согласуется с данными годового баланса) и дали обоснования для корректировки суточных сбросных расходов Чебоксарского гидроузла.

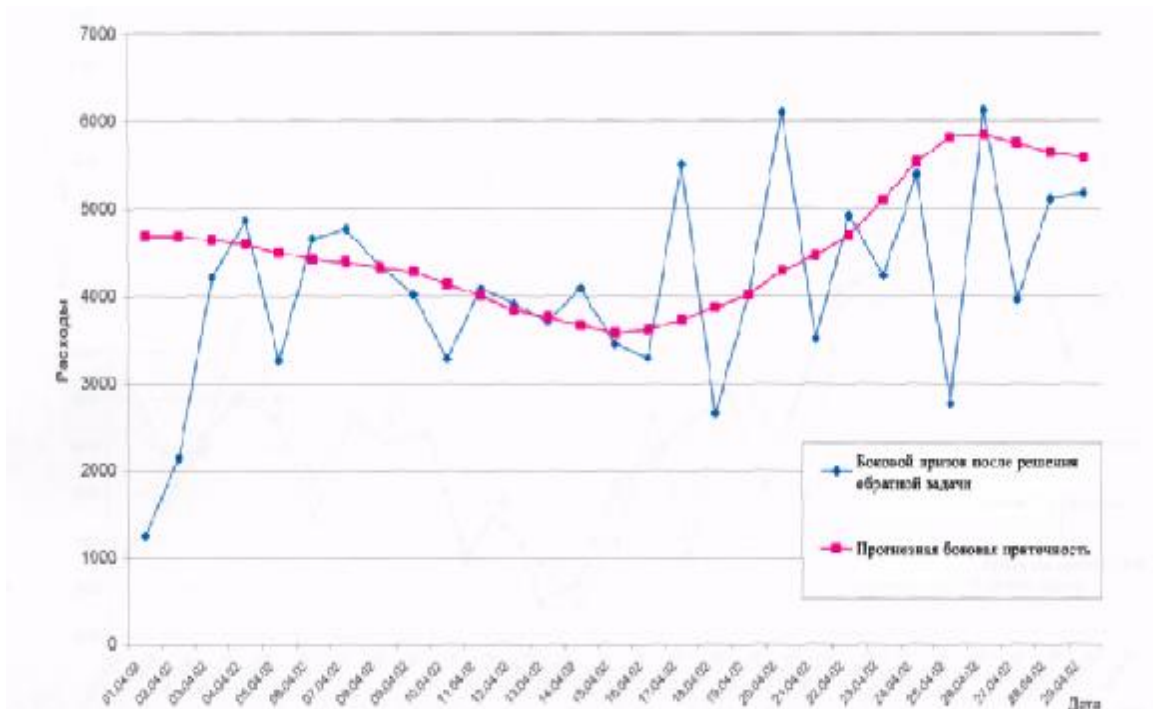


Рис.3. Гидрографы боковой приточности на участке р. Волги между Горьковским и Чебоксарским гидроузлами

#### 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 «Рекомендации по определению ретроспективной части боковой приточности весеннего половодья на основе имитационной компьютерной модели и фактически имевших место режимов работы гидроузлов 9 на примере Чебоксарского водохранилища», ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, 2003 г.

УДК 626.812:502.65

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ

А.С. Шевлакова, Ю.Н. Авдоница

"Южводпроект", филиал ФГУ "Ростовмелиоводхоз", Ростов-на-Дону, Россия

На основании Водного Кодекса РФ, Федерального закона "Об охране окружающей среды", постановления Правительства РФ об утверждении положения о водоохранных зонах – водных объектов и их прибрежных защитных полосах, Федеральной целевой программой "Юг России" необходимо обеспечить охрану рек являющихся неотъемлемой частью ее национальной безопасности, экономического и социального развития, а также неразрывно с проблемами природопользования и охраны окружающей среды.

"Всемирная стратегия охраны природы" определяет охрану природной среды как составную часть рационального природопользования, обеспечивающего сохранение и использование природных ресурсов в перспективе. В отношении к водным ресурсам – это рациональное водопользование, которое направлено на удовлетворение потребностей людей в воде необходимого качества и в необходимых количествах, а также на сохранение водных объектов как фактора формирования здоровой среды обитания человека и экологически полноценных водных ресурсов.

Анализ информации о качестве воды и состоянии экосистем водных объектов РФ на ее освоенной территории показывает, что большая их часть сегодня не способна выполнять свою основную функцию – поддерживать сформировавшееся в результате длительной эволюции биологическое разнообразие и равновесие. Сложилась парадоксальная ситуация: несмотря на огромные запасы водных ресурсов, Россия оказалась в тяжелой ситуации по водообеспечению населения и народного хозяйства водой необходимого качества и в необходимом количестве.

Являясь составной частью природы, вода служит не только средством или орудием производства, но и источником жизни и средой обитания многих видов растений, животных и организмов. Всякая деятельность человека, направленная на использование водных ресурсов, оказывает как прямое, так и опосредованное воздействие на экосистему водоисточников.

Отсутствие экологического нормирования (или ограничение) при использовании водосбора привело к ситуации, характеризуемой понятием "деградировавший водосбор".

Все загрязняющие вещества, поступающие в водные объекты или продуцируемые ими, являются продуктом вполне определенных источников загрязнения, которые условно можно разделить на два класса:

1. Образовавшиеся в результате технологической деятельности и процессов жизнедеятельности человека;
2. Созданные для обеспечения технологий и населения необходимым количеством воды.

Наиболее благоприятным для выноса загрязняющих веществ является сезон весны. В период половодья при таянии снега быстро формируется склоновый талый сток, который интенсивно смывает вещества одновременно с большой территории водосбора.

Многолетние комплексные исследования в бассейне р. Дон (нижнее течение) и в восточной части Таганрогского залива, в задачу которых входит получение систематической информации о состоянии основных элементов экосистемы (вода, донные отложения, промысловые рыбы), выявили экологически неблагоприятные зоны Азово-Донского района в пределах Ростовской области.

В элементах экосистемы контролируют содержание следующих приоритетных показателей:

- в воде – биогенные вещества, компоненты нефтяного загрязнения, пестициды, полихлорбинефилы, тяжелые металлы, мышьяк;

- в донных отложениях – компоненты нефтяного загрязнения, хлорорганические пестициды, полихлорбинефилы, тяжелые металлы, мышьяк;

- в органах и тканях промысловых рыб – хлорорганические пестициды, тяжелые металлы.

В отдельные периоды в одном из показателей экосистемы фиксируется повышенное содержание загрязняющих веществ. Поэтому для улучшения экологической ситуации в бассейнах рек необходимо разработать ряд мероприятий:

- предотвращение вредных и нежелательных последствий антропогенной нагрузки на водные бассейны;

- проведение региональной водохозяйственной политики, которая должна быть увязана с количественным и качественным состоянием водных ресурсов, а также с использованием их основными водопользователями;

- выделение и отмежевание по всему бассейну рек водоохранных зон и прибрежных полос – этому должно уделяться особое внимание;

- проведение рекультивации рек по всему руслу с последующим использованием регулирующих сооружений, обеспечивающих водохозяйственный баланс рек в течение всего года на основании прилагаемых вариантов водохозяйственных схем и их балансов;

- ведение экологического мониторинга за русловым процессом и техническим состоянием сооружений согласно безопасности сооружений;

- принятие мероприятий по обустройству и рекультивированию рек вести с согласованием их с органами природоохранного комитета и общественных организаций.

Вокруг большинства водных объектов перед водоохранными зонами береговых участков, ниже среднего меженного уровня воды размещается естественная или созданная тростниковая зона, находящаяся в затоплении большую часть года, но периодически подсыхающая.

Растущие здесь ценозы болотной растительности не только закрепляют берег своими корнями, но и смягчают ударное воздействие волн и сокращают подмывающую энергию течений. Эти ценозы участвуют также в процессах самоочистки водных объектов.

В качестве технических решений по ренатурированию малых водотоков можно рассматривать такие устройства, как отражатели потока, облегченные русловые плотины (с водовыпускными устройствами), подпорно – аэрационные регулирующие сооружения (ПАРС), каскадные ПАРС.

Отражатели потока успешно служат улучшению среды обитания рыбы и применяются в различных целях, например, для углубления и сужения русла, защиты берегов водотока от эрозии, стимулирования развития прибрежной растительности путем создания иловых отмелей и др. Они могут сооружаться из самых различных материалов, пригодны для использования на водотоках разных параметров, их легко сочетать с другими устройствами.

Облегченные русловые плотины используются в различных климатических зонах нашей страны при создании подпора в меженный период и улучше-

ния качества воды на естественных водотоках в качестве постоянных и сезонно – действующих водосливов с автоматизацией регулирования уровней воды в бьефах и при чрезвычайных ситуациях.

Подпорно – аэрационные регулирующие сооружения, в том числе и каскадного типа, является новым типом водосливов, и применяются на естественных водотоках для создания подпора, регулирования и улучшения качества воды в климатических условиях Юга России. (Патент РФ №2141552 "Подпорно – аэрационное регулирующее сооружение и способ его возведения".)

В настоящее время важнейшая роль воды в сохранении экосистемы не вызывает сомнений, а ее качество влияет на развитие общества, является необходимым условием здоровья и благосостояния населения.

Анализ положения, сложившегося к настоящему моменту на водных объектах, а также причин, породивших эту ситуацию, позволяет сформулировать концепцию охраны вод.

Водоохранная деятельность, являясь неотъемлемым элементом процесса использования водных ресурсов, должна быть, направлена на восстановление и сохранение водных объектов на уровне, позволяющем поддерживать и репродуцировать оптимальные условия существования биоты, имея в основе принцип "сосуществования" социально – экономических условий и геоэкосистемы бассейнов. Под "сосуществованием" необходимо понимать такое взаимодействие хозяйственной деятельности и окружающей среды, при котором потребительские цели общества ставятся в определенную зависимость от возможностей ее (среды) удовлетворить их, а преобразование среды допустимо до уровня, не выходящего за границы нормального функционирования экосистемы и поддержания оптимальных условий жизнедеятельности человека.

## ***ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ***

УДК 631.6; 626/627; 631.3; 3230.15

### **РАСЧЕТ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ДАМБЫ ИЗ ГРАНУЛИРОВАННОГО КОМПЛЕКСНОГО СОРБЕНТА «САПРОПЕЛЬ-АКТИВ»**

Н.П. Андреева

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Идея постройки фильтрующих искусственных сооружений ведет свою историю с 1915г., когда была сооружена дамба в Кандалакшском заливе для сокращения времени движения поездов, идущих в обход. В 1927г. эта идея была реализована при строительстве Турксиба и впоследствии получила дальнейшее развитие.

В Центральном научно-исследовательском институте транспортного строительства ученым М.Ф.Срибным (1933г.) была разработана теоретическая и экспериментальная база для расчета и проектирования водопроницаемых дамб на транспорте из крупнообломочных пород уже с учетом опыта построен-

ных ранее подобных сооружений. Впоследствии А.А. Угинчус (1960г.) на основе экспериментальных исследований методом электрогидродинамических аналогий (ЭГДА) разработал приемы и последовательность расчета фильтрации через земляные плотины.

Проектирование фильтрующих дамб, как водоочистных сооружений в комплексе сооружений для очистки коллекторно-дренажных вод от пестицидов и ядохимикатов, впервые было предложено в работах Т.К.Карлиханова и К.Ж.Кыстаубаева (Кызыл-Ординский институт инженеров агропромышленного производства, 1992г.).

Во ВНИИГиМ совместно с Курским институтом экологической безопасности (ИНСТЭБ) разработано техническое решение по очистке котлована сильнозагрязненных промышленных сточных вод, содержащих нефтепродукты и тяжелые металлы. Доочистка воды до ПДК<sub>рыбохоз</sub> осуществляется на фильтрующей дамбе, сложенной из гранулированного сорбента (Kireycheva, 2001; Кичигин, Кирейчева, 2002).

Проектируемая безнапорная фильтрующая дамба является временным гидротехническим сооружением IV класса. Дамба предназначена для работы в теплое время года и ее конструкция принята в соответствии с требованиями, изложенными в справочнике «Мелиорация и водное хозяйство. 4» (1987г.) и в монографии М.Ф.Срибного. Безнапорная фильтрующая дамба пропускает фильтрационные потоки в проницаемом слое со свободной поверхностью по кривой депрессии. Движение воды при этом неравномерное. Преимуществом подобных фильтрующих сооружений является возможность назначения их размеров пропорционально пропускаемому ими расходу воды. Это, в свою очередь, позволяет предельно точно определять объем фильтрующей части дамбы, состоящей из гранулированного сорбента.

Котлован с сильнозагрязненной сточной водой размещен на полигоне в естественном углублении. Длина котлована – 90м, ширина- 25м, глубина -3м, общий объем воды - 6750 м<sup>3</sup>. Толщина слоя нефтепродуктов – 0,5м, площадь – 2250 м<sup>2</sup>; объем нефтепродуктов - 1125 м<sup>3</sup>. Химический состав сточных вод в котловане приведен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав сточных вод, мг/дм<sup>3</sup>  
(по данным природоохранного центра при Госкомэкологии Курской области)

	Хлориды	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Cd	Hg
Сточная вода котлована	298	11,9	1,25	0,23	1,79	0,27	1,06	0,09	0,03	0,22

Основные параметры фильтрующей дамбы приведены ниже.

Форма сечения дамбы – трапецеидальная, коэффициенты заложения откосов: верховой затопляемый  $m_v = 2,5$ , низовой  $m_n = 2$ . Высота дамбы  $H = 3$ м, ширина по верху  $b = 2,5$ м. Высота фильтрующей части в верхнем бьефе назначается на 0,5м выше глубины воды в верхнем бьефе, которая равна  $H_v = 2$ м. Уро-

вень воды в нижнем бьефе –  $H_n = 1$  м. Основным материал фильтрующей части дамбы – гранулированный комплексный сорбент «Сапропель-Актив», диаметр гранул которого - 0,8 – 1,0 см, коэффициент фильтрации не менее 130м/сут. (заявка на получение патента №2004120490 от 7.07.2004).

По гребню дамбы предусмотрена укладка уплотненного суглинка слоем 0,5 - 1 м. Тело фильтрующей дамбы, состоящее из сорбента, выступает за пределы суглинка для того, чтобы исключить вероятность его сползания в отводящий канал и засорения воды. Между суглинком и сорбентом устраивается изоляционный слой толщиной 5 - 10 см, сложенный из материала, пропускающего воду, но задерживающего мелкие частицы. Верх сорбента выравнивается мелким камнем или щебнем и засыпается слоем гибкого материала (например, мох, торф, дерн, солома). Изоляционный материал должен быть водопроницаем, поскольку в противном случае во время намокания между фильтрующей и не фильтрующей частями может образоваться плоскость скольжения, что приведет к разрушению дамбы.

Выступы фильтрующей части насыпи образуют с верховой и низовой стороны дамбы бермы, ширина которых должна быть не менее 0,5 м. Для защиты верхового откоса дамбы от размыва предусмотрена пригрузка откоса крупнообломочным грунтом с коэффициентом фильтрации не менее 200м/сут. На низовой откос в области возможных колебаний уровня воды также уложен крупнообломочный грунт для предотвращения выноса сорбента в случае понижения уровня воды в нижнем бьефе. Пригрузка продолжена вверх по откосу выше уровня воды с целью предотвращения размывания низовой части дамбы.

Дамба устраивается на водонепроницаемом основании, роль которого выполняет полиэтиленовая пленка. Ею выстилается также дно и откосы подводящего канала. Грунт канала – тяжелые суглинки и глина, коэффициент заложения откосов  $m=1,5$ , глубина 3 м, ширина по дну 2,5 м, уклон равен 0,00033.

Гидравлический расчет дамбы выполнен по методике А.А.Угинчуса с применением вспомогательных таблиц, составленных на основе экспериментальных данных. Расчет сорбционной емкости и объема сорбента проведен на основе лабораторных и производственных фильтрационных исследований сорбента «Сапропель-Актив». Расчет Объем фильтрующего основания дамбы определен исходя из геометрической формы сооружения.

1. Производительность модуля напорной флотации равна 10-20 м<sup>3</sup>/ч (разработка ИНСТЕБ г.Курск) (Рудник, Бородин, Клюев, и др., 2002). Максимальное количество дней, необходимое для очистки сточной воды в объеме 6750 м<sup>3</sup> при 8-ми часовом режиме работы флотатора и минимальной производительности 10 м<sup>3</sup>/ч составляет 84 дня.

2. Минимальная доза ( $D_{\text{мин}}$ ) сорбента «Сапропель-Актив» (его сорбционная емкость по нефтепродуктам и тяжелым металлам составляет ~ 3,94 мг/г), необходимая для доочистки 1 дм<sup>3</sup> сточной воды после обработки на флотаторе с применением коагулянта и наличием фильтрующей перемычки из льняной костры, равна:

$$D_{\text{мин}} = \frac{C_{\text{исх}} - C_{\text{ост}}}{K \cdot COE}, \text{ г/дм}^3;$$



где  $S_{исх}$  – концентрация вещества в исходной воде, мг/дм<sup>3</sup>;  $S_{ост}$  – остаточная концентрация в фильтрате, мг/дм<sup>3</sup>;  $K$  – коэффициент исчерпания емкости сорбента, принимается 0,6 – 0,8;  $COE$  – статическая обменная емкость сорбента, определенная экспериментально, мг/г.

$$D_{мин} = [(4,96 - 0,05)НП + (0,10 - 0,02)Cr + (0,025 - 0,01)Zn + (0,05 - 0,01)Cd + (0,40 - 0,01)Ni] / [0,8 \cdot 3,94] = 1,72 \text{ г/дм}^3 = 1,72 \cdot 10^{-3} \text{ кг/дм}^3$$

(СНиП 2.04.03-85; Глазунова, Мартыненко, 2001; Андреева, 2004).

3. Объем сорбента, необходимый для очистки 6750 м<sup>3</sup> сточной воды с учетом предварительных этапов водоподготовки, равен:

$$W_{сорбента} = m_{сорбента} / v_{сорбента}, \text{ М}^3.$$

$$\text{где масса сорбента } m_{сорбента} = 6750 \cdot 10^3 \text{ дм}^3 \cdot 1,72 \cdot 10^{-3} \text{ кг/дм}^3 = 11610 \text{ кг.}$$

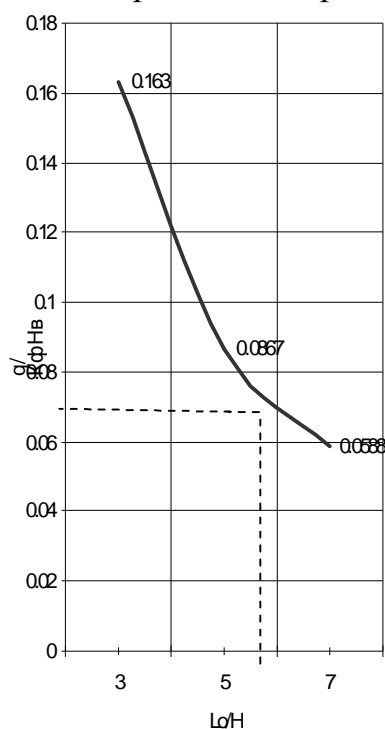
$$v_{сорбента} - \text{объемный вес сорбента, } 0,5 \text{ кг/дм}^3.$$

$$W_{сорбента} = 11610 : 0,5 = 23\,220 \text{ дм}^3 = 23,22 \text{ м}^3.$$

4. Объем фильтрующей части дамбы, сложенной из сорбента, определяется на основании геометрических расчетов по принятым размерам сооружения и каналов. С учетом положения кривой депрессии, объем фильтрующей части дамбы, пронизанный потоком воды, равен 81,15 м<sup>3</sup>. Это в 3,5 раза больше, чем минимальный объем сорбента, необходимый для очистки воды от НП, Cr, Zn, Cd и Ni.

За рамками исследований остались другие микро- и макроэлементы (хлориды, ртуть, и т.д.), которые, вероятно, также будут поглощаться из воды, поэтому дозу сорбента целесообразно увеличить.

5. Дамба рассчитывается для пропуска фильтрационного расхода, проходящего через дамбу при глубине воды в канале перед дамбой  $H_b=2$ м, известном коэффициенте фильтрации сорбента ( $K_f$  не менее 130 м/сут). При расчете определяются: высота высачивания на низовом откосе ( $h_0$ , м), положение депрессионной кривой и скорость фильтрации ( $V$ , м/ч).



Ниже приведена последовательность решения по методу А.А.Угинчуса.

- Длина фильтрующей части дамбы равна:  
 $L = m_n \cdot H + b + (H - H_b) \cdot m_b = 2 \cdot 3 + 2,5 + 1 \cdot 2,5 = 11 \text{ м.}$
- Длина  $L_0$  с учетом поправки  $\beta$  и соотношения  $L/H_b = 5,5$  равна:  
 $L_0 = L + H_b \beta = 11 + 2 \cdot 0,319 = 11,64 \text{ м.}$   
 $L_0/H_b = 5,82$  и  $H_n/H_b = 0,5$  при  $m_n = 2$  позволяют определить соотношение  $\frac{q}{K_f H_b}$ . В данном случае при  $L_0/H_b = 5,82$  соотношение равно:  $\frac{q}{K_f H_b} = 0,076 \rightarrow$

$$\frac{q}{K_f} = H_b \cdot 0,076 = 0,152 \text{ м (см. график).}$$

- Глубина высачивания  $h_0$  определяется по формуле:

$$h_0 = \left( \frac{q}{K_f} m_n - H_n \right) \pm \left[ \left( \frac{q}{K_f} m_n \right)^2 + H_b^2 - \frac{2q}{K_f} L_0 \right]^{1/2}, \text{ м;}$$

$$h_0 = (0,152 \cdot 2 - 1,0) \pm [(0,152 \cdot 2)^2 + 2^2 - 0,152 \cdot 2 \cdot 11,64]^{1/2} = 0,048 \text{ м.}$$

- Ординаты кривой депрессии вычисляются по формуле:

$$h_x = [2 \frac{q}{K\phi} l_x + (h_0 + H_n)^2]^{1/2}, \text{ м;}$$

где  $h_x$  – глубина фильтрационного потока на расстоянии  $l_x$  от сечения с глубиной  $h_0 + H_n$ .

$l_x$  - принимается в пределах 9м с интервалом 0,5м при  $l_0$  на глубине 1,048м. По полученным значениям строится кривая депрессии. Расстояние от кривой депрессии до верха сорбента в теле дамбы принимается не менее  $H_b$  (0,15 - 0,2) = 0,3...0,4 м.

- Фильтрационный расход через дамбу в сутки определяется по формуле:  $Q = q \cdot r_{cp}$ , м<sup>3</sup>/сут;

где  $q$  – фильтрационный расход, приходящийся на единицу ширины потока,  $q = 0,152 \cdot 130 = 19,76$  м<sup>2</sup>/сут.;  $r_{cp}$  – ширина потока в слое сорбента при  $h_{cp} = 1,5$ м.

$$Q = 19,76 \cdot 7 = 138,32, \text{ м}^3/\text{сут.}$$

6. Время отвода воды из котлована при расчетном фильтрационном расходе равно:  $T = W_{\text{котл}} : Q$ , сут;  $\rightarrow T = 6750 : 138,32 = 48,8$  сут.

7. Скорость фильтрации воды через слой сорбента составит:

$$V = K_{\phi} i_{\text{ср.х}} \text{ и } i_{\text{ср.х}} = \frac{q}{K\phi h_x} \rightarrow V = \frac{q}{h_x}, \text{ м/ч;}$$

где  $i_{\text{ср.х}}$  – средний градиент фильтрационного потока в сечении потока с глубиной  $h_x$ , которая принимается равной 1,048м и 1,958м. Это позволяет определить скорость фильтрационного потока в начале фильтрующей части дамбы и при высачивании потока в нижнем бьефе.

$$V_b = 19,76 : 1,958 = 10,09 \text{ м/сут} = 0,42 \text{ м/ч;}$$

$$V_n = 19,76 : 1,048 = 18,85 \text{ м/сут} = 0,79 \text{ м/ч.}$$

Полученные расчетные скорости фильтрации потока 0,42 м/ч и 0,79м/ч меньше 5м/ч, что соответствует условию оптимальной сорбции загрязнения. Во избежание застаивания потока и, как следствие, десорбции ионов ТМ из сорбента, необходимо поддерживать уровень воды в верхнем бьефе не менее 2м.

После очистки сточной воды котлована производится утилизация отработанного сорбента на установке по обезвреживанию нефтемаслоотходов «ИНСТЭБ».

#### Литература

1. СНИП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. М.; 2001г., 50с.
2. Срибный М.Ф. Фильтрующие искусственные сооружения и гидравлика турбулентной фильтрации. М.; Трансжелдориздат, 1933г., 138с.
3. Угинчус А.А. Расчет фильтрации воды через земляные плотины. М.; «Госэнергоиздат», 1960г., 143с.
4. Карлиханов Т.К., Кыстаубаев К.Ж. Комплекс сооружений для очистки коллекторно-дренажных вод. Деп. рук., 1992г., 6с.
5. Карлиханов Т.К., Кыстаубаев К.Ж. Моделирование движения потока через фильтрующие дамбы. Деп. рук., 1992г., 3с.

6. Мелиорация и водное хозяйство т. 4. Сооружения. Под ред. П.А. Полад-Заде. М.: «Агропромиздат», 1987г., 464с.
7. Кичигин О.В., Кирейчева Л.В. К вопросу о путях решения проблем очистки загрязнений от тяжелых металлов. Сб.тр. Природные ресурсы – основа экономической стратегии Орловской обл. – Орел, изд-во ОРАГС, 2002г., 140-142с.
8. Рудник М.И., Бородин В.В., Клюев Н.П., и др. Новые технологии и оборудование для решения региональных экологических проблем Курской и Орловской областей. Сб.тр. Природные ресурсы – основа экономической стратегии Орловской обл. – Орел, изд-во ОРАГС, 2002г., 182-185с.
9. Глазунова И.В., Мартыненко Н.П. Комплексный сорбент для очистки стоков от нефтепродуктов и тяжелых металлов. // Агрехимический вестник, №4, 2001г., 38-39с.
10. Андреева Н.П. Очистка сточной воды с применением бинарной смеси «Сапропель+активированный уголь». Сб.тр. «Проблемы научного обеспечения развития эколого-экономического потенциала России», Москва, МГУП, 15-19 марта 2004г., 49-55с.
11. Андреева Н.П. Очистка сточных вод с применением сорбентов природного происхождения. Сб.тр. 6-го международного конгресса ЭКВАТЕК-2004. Москва, 1-4 июня 2004г., т 2, 697с.
12. Kireycheva L.V. Local purificating plants for drainage systems les stations locales purifiantes pour des systemes de drainage. Proceeding «Sustainable use of land and water». 19<sup>th</sup> European Regional Conference of ICID, 4-8 June 2001, Brno and Prague, Czech Republic.

УДК 631.618

## **МЕТОДЫ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, ЗАНЯТЫХ СТАРЫМИ ЗАХОРОНЕНИЯМИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ**

С.Н.Брылев, Р.А.Сямиуллин

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия;

И.И.Шубин

МГУП, Москва, Россия

Прирост населения, изменение структуры потребления и развитие промышленности привело к значительному увеличению количества бытовых и промышленных отходов в Московском регионе, которые, при несвоевременном сборе, удалении и неудовлетворительном обезвреживании, наносят значительный экологический ущерб санитарному состоянию населенных мест, вызывая загрязнение воздуха, почвы, водоемов и подземных вод, а также увеличение площади нарушенных территорий. С каждым годом в России увеличиваются площади территорий, занятых мусором и захоронениями отходов. Эти площади в дальнейшем не могут быть использованы без проведения специальных работ по их рекультивации.

В настоящее время в России под мусорные свалки отчуждено более 40 тыс. га земель, среди которых не только пустыри, овраги и карьеры, но и плодородные черноземы. Ежегодно для размещения новых мест захоронения отчуждается около 1 тыс. га полезных земель, включая сельскохозяйственные угодья. Однако из всего количества действующих в настоящее время свалок и полигонов ТБО лишь около 8% отвечают санитарным требованиям, остальные - представляют собой очаги эпидемиологической опасности и являются источниками рас-

пространения загрязняющих веществ. Кроме того, около 50 тыс. га нарушенных земель составляет площадь закрытых свалок и полигонов. Свалки отходов занимают большие участки земли, необходимой человеку для производства сельскохозяйственной продукции.

Наиболее крупные и долговременные свалки, как правило, образуются в бывших карьерах и оврагах в сельских округах. К этой же категории можно отнести крупные свалки, которые эксплуатируются в течение многих лет городским хозяйством ряда городов и районов. Более мелкие свалки образованы в результате деятельности различных государственных и частных предприятий и расположены на территориях этих же предприятий или в границах их санитарно-защитной зоны.

Однако отказаться от вывоза отходов на свалки и полигоны ТБО в настоящее время нельзя, так как технологии переработки отходов во вторсырье развиты достаточно слабо. Сжигание отходов - тоже не выход, так как (помимо загрязнения воздуха) остаются еще и продукты сжигания, токсичность которых гораздо выше, чем токсичность самих отходов. Поэтому немаловажным является проведение соответствующих мероприятий по обезвреживанию загрязнителей, локализации негативного влияния на окружающую среду и рекультивация нарушенных земель с целью возвращения их в хозяйственный оборот. При этом направление рекультивации территории определяет ее последующее использование - для сельскохозяйственных, лесохозяйственных, рекреационных или строительных нужд.

С целью выявления негативных воздействий на компоненты природной среды был проведен анализ состояния лицензионных свалок и полигонов захоронения твердых бытовых отходов Московской области с использованием фондовых материалов НПЦ «Геоцентра» Москвы и Научно-производственного предприятия ОАО «Прима-М», включая рекогносцировочные обследования на местности.

Специальные инженерно-геологические и гидрогеологические исследования в местах размещения старых и проектирования новых полигонов ТБО были начаты сравнительно недавно после соответствующего постановления Мособлисполкома в 1989 году. При участии ПГО «Гидроспецгеология», ПГО «Центргеология», кафедры инженерной геологии МГРИ и МГУ было обследовано несколько подмосковных свалок и полигонов с использованием буровых работ и гидрогеохимического опробования.

По фондовым материалам установлено, что общее количество свалок Московского региона составляет 188. Общая площадь свалок - 1200 га, объем накопленной массы отходов - около 250 млн.т. Из общего количества свалок лишь 42 (площадью 700 га и объемом отходов 140 млн.т) имеют лицензии. Самая большая свалка по захоронению отходов в России расположена у деревни Тимохово Ногинского района Московской области. Ее площадь к настоящему времени составляет 113 га, объем накопленных отходов - 14-16 млн. м<sup>3</sup>, мощность толщи отходов - около 24 м. Процентное распределение объемов образуемых отходов на крупных свалках и полигонах Московской области показано на рисунке 1.

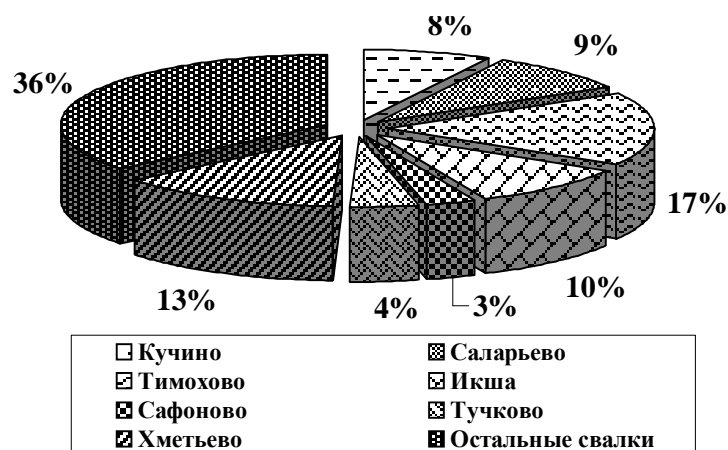


Рис.1. Процентное распределение объемов образуемых отходов на свалках и полигонах ТБО Московской области

Состояние свалок и полигонов ТБО систематизировано по степени экологической опасности с учетом природных условий, технических характеристик и экологической обстановки. За основные неблагоприятные факторы размещения свалок и полигонов принимались: нарушение санитарно-защитной зоны населенных пунктов, нарушение водоохранной зоны, участки без регионального водоупора, защищающего от загрязнения основной водоносный горизонт в карбонноугольных отложениях. По условиям расположения и эксплуатации, свалки и полигоны были разбиты на 3 группы: 1) расположенные в карьерах, либо выемках; 2) в виде насыпей; 3) смешанная группа - в виде насыпей, перекрывающих карьеры. По техническим характеристикам все свалки можно отнести к 3-м классам: I класс: наиболее крупные свалки и полигоны, принимающие отходы в основном г. Москвы, с площадью от 10 до 115 га и мощностью от 1 м до 20 м. Объем отходов может достигать несколько миллионов кубометров. (свалка «Тимохово», полигоны «Икша», «Хметьево» и «Кучино»); II класс: средние по размерам, площадью от 2 га до 10 га, мощностью - до 10 м. Объем отходов составляет несколько сотен тысяч кубометров (свалки «Слизнево», «Кулаково», и др., всего около 20 объектов); III класс: малые свалки, образованные отходами мелких населенных пунктов, площадью от 0,2 до 2 га, мощность, не превышает первых метров, объем - не более нескольких десятков тысяч кубометров (таких свалок не менее ста из общего количества свалок).

В результате проведенного анализа все рассмотренные свалки и полигоны были распределены на 3 класса в зависимости от степени их опасности для окружающей среды:

**I. Класс** – объекты находящиеся в критическом (опасном) состоянии (свалки «Торбеево» Люберецкого района, «Слизнево» Нарофоминского района, «Кулаково» Чеховского района и «Зарайский» Зарайского района);

**II. Класс** - объекты находящиеся в потенциально опасном состоянии (всего 22 объекта: «Воловичи» Коломенского района, «Часцы» Одинцовского района, «Шатура» Шатурского района и др.);

**III.** Класс - объекты находящиеся в удовлетворительном состоянии (полигоны «Левобережный» Химкинского района, «Павловское» Истринского района, «Алексинский карьер» Клинского района и др., всего 16 объектов).

Распределение свалок и полигонов ТБО Московской области по количеству и площадям в зависимости от класса опасности показано на рисунке 2.

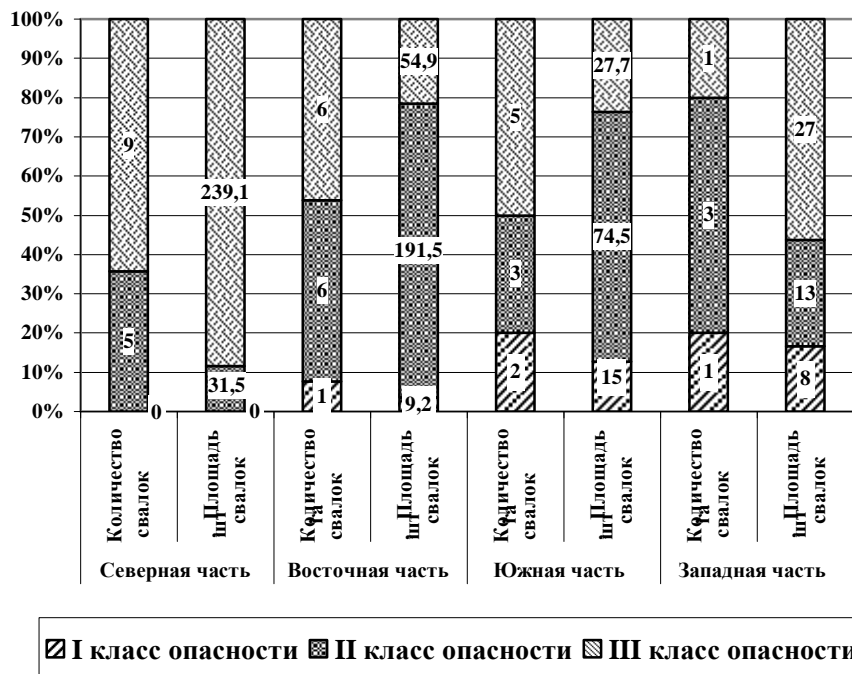


Рис. 2. Распределение свалок и полигонов ТБО Московской области по классам опасности

В результате на основе полученных данных, после установления всех необходимых критериев, была проведена оценка возможных и альтернативных методов рекультивации.

В настоящее время находят применение следующие методы обезвреживания и рекультивации земель, занятых старыми захоронениями отходов:

- υ **Выемка или сбор отходов на внешней границе свалки** для снижения площади распространения свалочного тела с последующим размещением, уплотнением и укрытием слоем грунта собранного материала на оставшейся площади. Основная цель - создание высоконагружаемого полигона с дальнейшей его эксплуатацией под захоронение отходов;
- υ **Извлечение, удаление и надежное захоронение отходов**, т.е. выемка всех отходов и перевозка на полигон ТБО. Метод применим для обезвреживания и ликвидации образующихся в городах несанкционированных свалок с объемом не более 10,0 – 20,0 тыс. м<sup>3</sup> и площадью от 0,2 до 2,0 га;
- υ **Выемка всех материалов и временное складирование вблизи свалки.** Метод заключается в одновременном строительстве нового

- полигона на исходном участке при обеспечении соответствующего экологического контроля и в соответствии с санитарными требованиями современных полигонов. В результате проводится обратное захоронение свалочных материалов на уже обустроенный полигон;
- v **Фиксация загрязнителей на месте.** Устройство защитного противofильтрационного экрана с использованием различных материалов (глины, асфальтовых покрытий, геокомпозитов, синтетических материалов и др.) в сочетании с мероприятиями по управлению за фильтратом и свалочным газом.
  - v **Эскалация свалочного тела с последующей его переработкой (LMFR),** т.е. уничтожение на месте. Заключается в выемке свалочного тела, его переработке и извлечении регенерируемых материалов с дальнейшей модернизацией площадки под новые, подлежащие захоронению отходы.

Из всех перечисленных методов рекультивации наиболее перспективным в настоящее время является эскалация свалочных тел с последующей их переработкой (LMFR). Метод может использоваться для ликвидации старых захоронений, а также неудачно спроектированных или неэффективно функционирующих полигонов, не отвечающих требованиям охраны окружающей среды и здоровья населения.

Технология выемки грунта впервые была использована на полигоне в Тель-Авиве в 1950-х годах. В настоящее время ведется рекультивация ряда полигонов по данной технологии в США. Технология LMFR варьирует от мало-мощных систем с интенсивным использованием ручного труда до высоко производительных механизированных сортировочных систем (производительностью от 50 до 100 т/час извлекаемого материала), где используют серию механических, либо комбинированных ручных и механических систем выемки и сортировки отходов. При работе с использованием высокотехнологичных систем LMFR широко используются экскаваторы, грохоты, сепараторы, дробилки и конвейеры. В низко производительных системах, как правило, используют ограниченное и очень простое оборудование (например, грохоты), а также ручной труд. Независимо от технического уровня все эти системы имеют общую черту - мобильность, т.е. легкость перемещения на новый участок после завершения выемки отходов и их сортировки.

Применение метода LMFR перспективно по следующим причинам:

- ♣ выемка, сортировка и последующая переработка извлекаемых вторичных материалов позволяет превратить свалку в современный полигон;
- ♣ проводится рекультивация экологически опасных свалок путем выемки, сортировки, переработки и удаления отходов.

В зависимости от дальнейшего использования рекультивируемого участка на днище котлована может быть уложен подстилающий противofильтрационный экран и участок может использоваться для захоронения ТБО.

Целесообразность применения технологии LMFR зависит от условий конкретного объекта, а также от потенциальной возможности использования дан-

ной технологии в качестве корректирующего метода. Решающее значение играют следующие факторы:

- ♣ состав складированных отходов;
- ♣ геометрические параметры площади захоронения;
- ♣ степень разложения отходов;
- ♣ качество материалов, подвергающихся переработке, поскольку их характеристики (например, токсичные отходы) могут потребовать специального транспорта и способов удаления.

Технология LMFR потенциально может использоваться для удаления свалочных тел и превращения открытых свалок в санитарные полигоны, а также для извлечения вторичных ресурсов из складированных отходов (например, органической фракции для использования в качестве местного изолирующего покрытия).

Необходимо отметить, что выбор мероприятия по обезвреживанию и рекультивации свалок зависит от конкретных условий. Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки, поэтому оценка должна проводиться с учетом надежности принимаемых мер и финансовых издержек, конкретной ситуации, наличия ресурсов и материалов, условий окружающей среды, характера химических веществ, требований нормативных документов и затрат. Выбор метода рекультивации также зависит от местных условий (наличия местных строительных материалов, строительной техники, степени освоения технологии).

После обезвреживания и рекультивации земель с созданием (в качестве финального покрытия) качественного подстилающего слоя почвы эти земли можно использовать для пахотных и сенокосно-пастбищных угодий, поливного высокопродуктивного овощеводства, коллективного садоводства. При этом использование рекультивированных земель для выращивания овощей и фруктов, а также для коллективного садоводства допускается через 10-15 лет, создание сенокосно-пастбищных угодий - через 1-3 года после закрытия полигона. Виды землепользования, требующие орошения, потенциально могут повысить образование фильтрата, поэтому при выборе вида использования рекультивированных земель следует учитывать фактор риска.

Другим возможным направлением рекультивации является лесохозяйственное, т.е. создание на нарушенных в результате захоронения отходов землях лесных насаждений различного типа. Лесоразведение предусматривает создание и выращивание лесных культур мелиоративного, противозерозионного, полезного, ландшафтно-озеленительного назначения.

При рассмотрении вопроса о направлении дальнейшего использования рекультивированных территорий необходимо также учитывать следующие факторы:

- ♣ скопление метана в свалочном теле (взрывоопасность);
- ♣ образование свалочного газа с неприятным запахом;
- ♣ дифференцированная просадка массы захороненных отходов;
- ♣ низкая несущая способность.

Наиболее безопасный подход - выждать, пока масса отходов на свалке не достигнет полной биохимической и структурной стабильности.



После проведения работ по рекультивации земель, занятых старыми захоронениями отходов, необходимо предусматривать мероприятия по обеспечению целостности и надлежащего функционирования всех систем инженерных решений, используемых в технологии рекультивации, с целью локализации негативного влияния загрязняющих веществ на окружающую среду.

#### Литература

1. НПП ОАО «Прима-М» «Сбор, систематизация и анализ фондовых материалов по состоянию свалок и полигонов захоронения бытовых и промышленных отходов ближнего Подмосковья», М., 1999г.
2. Гонопольский А.М., Кремер А.Н. Оценка методов обследования полигонов для захоронения ТБО и технологии по переработке тела полигона. М: ГУП «Экотехпром» 2000г.
3. Иванов В.В., Мурашов В.Е., Юдин А.С. Восстановление нарушенных земель, занятых полигонами захоронения отходов в крупных городах. «Чистый город» 2003г. №3.
4. Каталог «Экологическая безопасность. Технологии города. Управление отходами-2004» Специализированное издание. 2004г.
5. Von Stein, E.L. and G.M. Savage «Evaluation of the Collier County, Florida Landfill Mining Demonstration», EPA/600/R-93/i63 (NTIS PB94-II4824), U.S. EPA, Cincinnati, Ohio, September 1993.
6. Shuval, H., «Composting Municipal Garbage in Israel» TawnaM, July/December 1958.

УДК 627.157:002.637

### **ПОДБОР РАСТЕНИЙ ДЛЯ ФИТОРЕМИДИАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

В.Н. Буравцев, В.Г. Головатый, Е.А. Котова, Н.Н. Головатая  
ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия;  
А.В. Ильинский  
МФ ГНУ ВНИИГиМ, Рязань, Россия

Количество земель, расположенных вокруг крупных промышленных центров, и загрязненных медью, цинком, свинцом, кадмием и другими тяжелыми металлами в результате воздействия индустриальных комплексов достигает примерно 1,5 млн. га.

Одним из способов восстановления почв, загрязненных ТМ, является фиторемедиация. Она основывается на тщательном подборе растений – фиторемедиантов, которые должны быть толерантными к загрязнению, формировать урожайную фитомассу, обеспечивающую активный вынос токсикантов.

В настоящее время накопленные наукой сведения показывают, что один и тот же вид растения обладает неодинаковой металлоаккумуляционной способностью. Для очистки почвенного раствора необходим как селекционный отбор растений – активных поглотителей неорганических соединений, так и создание соответствующих сортов и видов растений с применением генной инженерии. Такие растения должны быть способны абсорбировать и транслоцировать не менее 1-2% тяжелых металлов.

Однако далеко не все растения исследованы на способность к росту и развитию на почвах, загрязненных ТМ, и на возможность поглощать и накапливать токсиканты в своих тканях. С целью расширения списка растений, способных выполнять роль фиторемедиантов, нами была проведена серия вегетационных исследований на почвах, искусственно загрязненных ТМ.

#### *Методика вегетационных опытов*

Вегетационные исследования проводились со следующими растениями: пырей удлиненный, тимофеевка луговая, сурепка, бобы кормовые, гречиха.

Для набивки вегетационных сосудов использовалась полевая почва в количестве 7 кг, которая имела следующие агрохимические показатели:  $\text{PH}_{\text{КСI}} - 5.4$ ; гумус – 5.7% (по Тюрину); фосфор – 36.0 мг/ 100 г почвы; калий – 31.3 мг/ 100г почвы (по Кирсанову). Процентное содержание металла в реактивах рассчитывалось на основании их атомных масс и класса чистоты. Для опыта использовались следующие химически чистые соли: Zn в виде соли  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; Cu -  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ; Pb -  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ . Перед набивкой сосудов в почву вносили полную дозу минеральных элементов из расчета 0,13 г действующего начала азота, фосфора и калия на 1 кг почвы. Посев производился спустя неделю после внесения ТМ в почву. Полив проводился один-два раза в сутки в зависимости от напряженности метеорологических условий и контролировался путем взвешивания. Количество растений в сосуде – 16-20 шт.

В исследованиях были приняты следующие уровни ориентировочно - допустимого количества (ОДК) ТМ в почве: Cu- 1 ОДК - 66мг/кг почвы; Pb - 1 ОДК - 65мг/кг почвы; Zn - 1 ОДК – 110 мг/кг почвы.

Пырей и тимофеевка луговая убирались в стадии начала колошения; сурепка – при зацветании 80% растений; гречиха и бобы – через 2.5 месяца после начала всходов. Содержание ТМ в сухом веществе определялось атомно-адсорбционным методом.

#### *Экспериментальные данные*

Анализ экспериментальных данных показал, что внесение меди, как в отдельности, так и совместно со свинцом в количестве 250 мг/кг в почву, не сказалось существенно на продуктивности пырея, но заметно влияло на содержание металлов в сухой надземной массе. Внесение в почву только меди привело к увеличению содержания этого металла в растении на 55, цинка на 37, но снизило содержание свинца на 16% по отношению к контролю. Совместное внесение меди и свинца в вегетационный сосуд привело к увеличению содержанию меди в надземной массе (по сравнению с контролем) на 61, цинка – на 48 и свинца на 172%.

У сурепки свинец снижает накопление сухой массы в 2,5 раза, между тем как совместное внесение в почву меди и свинца приводит к снижению продуктивности культуры только на 14% по сравнению с контролем. Внесение одного свинца в почву увеличивает его содержание в сухой массе сурепки на 21%, но снижает содержание меди в растении, не оказывая заметного влияние на концентрацию цинка по сравнению с контролем. Совместное внесение свинца и меди в почву вегетационных сосудов приводит к заметному увеличению содержания этих металлов в надземной массе (по сравнению с контролем): меди

более чем в три раза, свинца – в 1,7 раза. Содержание цинка при этом снижается на 6%.

Совместное внесение меди, свинца, цинка и кадмия по мере увеличения внесения ТМ в почву, снижает урожайность гречихи. Но если допустимые, умеренно-опасные и высоко-опасные дозы ТМ снижают накопление гречихой сухой массы всего на 10-13%, то чрезвычайно опасное содержание металлов в почве приводит к падению урожайности растений уже в два раза по сравнению с контролем. Это свидетельствует о высокой устойчивости гречихи к высоким концентрациям ТМ в почве. Каждый металл имеет свою степень повышения концентрации в надземной массе гречихи. Так, если содержание свинца при чрезвычайно-опасной дозе, по сравнению с контролем, увеличивается в сухом веществе в 1,5, меди 2,2 раза, то цинка в 15,5 раз, т.е. гречиху можно отнести к цинколюбивым культурам.

Весьма устойчивыми к тяжелым металлам по нашим данным являются бобовые кормовые. Их урожайность при допустимых, умеренно – и высоко - опасных дозах ТМ даже повышается на 16 –30%. Продуктивность культуры снижается на 28% только при чрезвычайно – опасном содержании в почве комплекса ТМ. Однако исследования ряда других ученых показали обратное влияние ТМ на бобовые растения. В полевых и вегетационных опытах на загрязненных ТМ почвах (проведены в Великобритании и Китае) снижение массы сухого вещества вики посевной достигало 169% . Поэтому необходимо продолжить исследования возможности использования бобовых растений для фиторемедиации загрязненных различными металлами почв, поскольку бобовые очень активно участвуют в восстановлении плодородия почвы, подавлении роста и развития сорных растений.

Отметим, что накопление свинца и цинка в наземной массе кормовых бобов продолжается даже до чрезвычайно-опасного их содержания в почве, в то время как концентрация меди в сухом веществе снижается, но все же остается выше в 2,6 раза по сравнению с контрольным вариантом.

Приведенные выше данные свидетельствуют, что присутствие в почве нескольких металлов может оказывать на урожайность и содержание металлов в растении иное воздействие, чем при наличии одного металла в корневой ризосфере растений. Из этого следует, что при совместном присутствии в почве нескольких металлов между ними может возникнуть явления синергизма или антагонизма.

Результаты специально проведенного опыта с тимофеевкой луговой, когда в почву вносились как отдельные металлы, так и их комплексы, показал, что совместное внесение в почву меди и цинка приводит к увеличению содержания меди в сухой массе в 2,7 раза, т.е. в большей степени, чем при внесении одной меди. Медь совместно с цинком увеличивает концентрацию свинца в наземных органах, но снижает урожайность тимофеевки луговой в 1,4 раза.

Внесение свинца и цинка повысило содержание меди в сухой массе в три раза (по сравнению с контролем). Содержание свинца стало выше в 1,8 раза по сравнению с контролем, но меньше, чем при внесении в почву одного свинца. При этом урожайность снизилась в 1,8 раза, что меньше, чем при внесении

только свинца, но больше, если в почве находится только цинк. При совместном внесении в сосуд меди и свинца содержание меди в сухом веществе даже меньше, а цинка чуть больше, чем на контроле. Концентрация свинца выше по сравнению с контролем в 1,9 раза. Урожайность при этом снизилась всего на 11%.

Наиболее устойчивыми к загрязнению почвы ТМ растениями являются кормовые бобы, если судить по величине урожайности наземной сухой массы, полученной в наших опытах. Даже при содержании ТМ, равном 9 ОДК по четырём элементам, они накапливали до 12,8 г/сосуд сухой массы.

Все испытываемые культуры при внесении в почву 5 ОДК ТМ по величине урожайности можно расположить в следующем порядке: кормовые бобы > сурепка > гречиха > пырей > тимофеевка луговая. При сравнении аналогичных вариантов по содержанию в их тканях меди растения располагаются в ином порядке: тимофеевка луговая > сурепка > кормовые бобы > пырей > гречиха; по содержанию цинка: гречиха > тимофеевка луговая > кормовые бобы > пырей > сурепка; по концентрации свинца: тимофеевка луговая > пырей > сурепка > гречиха > кормовые бобы.

По выносу меди надземной массой культуры располагаются в следующем порядке: сурепка > кормовые бобы > пырей > гречиха > тимофеевка луговая; по выносу цинка: кормовые бобы > гречиха > сурепка > пырей > тимофеевка луговая; по выносу свинца: сурепка > пырей > кормовые бобы > гречиха > тимофеевка луговая.

Таким образом, по величине урожайности, содержанию меди и свинца в сухой массе на варианте с 5 ОДК ТМ на первом месте стоит тимофеевка луговая; по содержанию цинка – гречиха; по выносу меди надземной массой – сурепка; выносу цинка и свинца – кормовые бобы.

Из приведенных данных следует, что в зависимости от поставленной задачи (получение высокого урожая, вынос ТМ сухой массой или накопление в тканях максимально возможного ТМ) на загрязненной ТМ почве могут быть использованы разные растения. Однако ни одно из них не обладает универсальностью, т.е. не может одновременно решить все перечисленные выше задачи. В связи с этим, поиск растений – мелиорантов в широком значении этого понятия, должен быть продолжен. Постановка исследований должна вестись с помощью многофакторных опытов, позволяющих установить не только прямое действие факторов, но установить их взаимодействие и оптимальное сочетание в зависимости от поставленной задачи. Желательно сосредоточить внимание исследователей на следующих элементах технологии фиторемедиации:

- применение научно-обоснованной агротехники выращивания фиторемедиантов для оптимизации их мелиоративного эффекта;
  - разработка детальной схемы подбора фиторемедиантов в зависимости от условий местообитания, свойств и степени загрязнения почв ТМ;
  - создание семеноводческой базы фиторемедиантов и расширение сети питомников их вегетативного размножения;
- расширение селекционно-генетических исследований перспективных видов и сортов фиторемедиантов.

УДК [631.84 + 632.952]: 633.16

## **ПРИМЕНЕНИЕ КАС С ФУНГИЦИДАМИ – ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ ЯЧМЕНЯ**

И.Р. Вильдфлуш, С.М. Мижуй, Д.Н. Прокопенков  
УО БГСХА, Горки, Беларусь

При использовании средств химизации должны учитываться требования обеспечения экологической безопасности, охраны окружающей среды, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов. Применение экологически безопасных технологий является основным стержнем охраны окружающей среды, поскольку они способствуют снижению ее загрязнения, рационально используют природные ресурсы и, как правило, малоотходные по сравнению с устаревшими технологиями [1, 5].

Применение минеральных удобрений и химических средств защиты растений требует изучения взаимодействия этих двух приемов химизации. Минеральное питание влияет на развитие растений, накопление вредной и полезной энтомофауны и, следовательно, на эффективность пестицидов. Пестициды также влияют на использование питательных элементов из удобрений. При использовании смесей химических средств защиты растений, регуляторов роста и минеральных удобрений появляется реальная возможность снижения норм расхода пестицидов на 10–35% за счет усиления токсичности и изменения продолжительности действия компонентов смеси [2, 3, 4].

Целью проведенных исследований являлась разработка приемов совместного применения КАС с фунгицидами, а также изучение влияния совмещения операций по их внесению на урожайность и качество зерна ячменя.

Для решения поставленных задач в 2003–2004гг. на опытном поле «Тушково» учебно-опытного хозяйства БГСХА на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве был заложен опыт с ячменем сорта «Бурштын». Почва опытного участка - дерново-подзолистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом моренным суглинком с глубины ниже ~ 1м. Почва имеет низкое и недостаточное содержание гумуса (1,48–1,69), повышенное содержание подвижных форм фосфора (205–250 мг/кг почвы), среднюю и повышенную обеспеченность подвижным калием (186–201 мг/кг почвы). Реакция почвы в 2003г. была близка к нейтральной ( $pH_{KCl}$  6,2), в 2004г. – слабокислой ( $pH_{KCl}$  5,9).

Предшественником ячменя была горохо-овсяная смесь. Общая площадь делянки – 60м<sup>2</sup>, учетная – 53,19м<sup>2</sup>, повторность опыта – четырехкратная.

В опытах применялись мочевины (46% N), КАС (30% N), аммофос (10%N и 50% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и хлористый калий (60% K<sub>2</sub>O). Химическая прополка ячменя проводилась в фазу кущения лонтримом в дозе 1,5 л/га. Фунгициды тилт и рекс Т вносились в фазу выхода в трубку в дозе 0,5 и 0,6 л/га соответственно. По-

сев ячменя производился в первой декаде мая 2003–2004гг. сеялкой СПУ-3 с нормой высева 5 млн./га всхожих семян.

Определение подвижных форм фосфора и калия проводилось по методу Кирсанова, гумуса - по методу Тюрина в модификации ЦИНАО, другие агрохимические показатели - согласно ГОСТа (Почвы. Методы анализа ГОСТ 26204 – 84 – ГОСТ 26213 – 84). Методика возделывания ячменя общепринятая для условий Могилевской области.

На основе проведенных исследований получены следующие результаты.

Под влиянием фосфорно-калийных удобрений ( $P_{60}K_{90}$ ) на фоне низкой дозы азота ( $N_{14}$ ) урожайность зерна ячменя в среднем за 2003–2004гг. по сравнению с контролем без удобрения возросла на 11,2 ц/га, а при внесении  $N_{70+20}P_{60}K_{90}$  – на 24,9 ц/га.

Под действием фунгицида тилт на фоне  $N_{70}P_{60}K_{90}$  при отдельном применении с КАС урожайность ячменя в среднем за 2003–2004гг. повысилась на 4,2 ц/га (табл. 1).

Таблица 1. Эффективность комплексного применения КАС с фунгицидами и регуляторами роста на ячмене в 2003–2004гг.

Вариант	Урожайность зерна, ц/га		Средняя урожайность, ц/га	Прибавка как контролю, ц/га	Окупаемость 1 кг, НРК кг зерна
	2003 г.	2004г.			
1. Без удобрений + тилт	28,5	26,2	27,4	--	--
2. $N_{14}P_{60}K_{90}$ + тилт	38,4	38,8	38,6	11,2	6,8
3. $N_{70}P_{60}K_{90}$ + $N_{20}$ КАС + тилт	52	52,6	52,3	24,9	10,4
4. $N_{70}P_{60}K_{90}$ + $N_{20}$ КАС (без фунгицидов)	47,2	49	48,1	20,7	8,6
5. $N_{70}P_{60}K_{90}$ + $N_{20}$ КАС с тилтом	56,3	54,7	55,5	28,1	11,7
6. $N_{70}P_{60}K_{90}$ + $N_{20}$ КАС + рекс Т	57,4	56,7	57,2	29,8	12,4
7. $N_{70}P_{60}K_{90}$ + $N_{20}$ КАС с рексом Т	59,3	57	58,2	30,8	12,8
НСР <sub>0,05</sub>	2,6	1,4	1,4		

Применение фунгицида рекс Т было эффективнее по сравнению с тилтом (при аналогичном способе внесения). При совместном применении тилта с КАС в виде баковой смеси усиливалось действие фунгицида. Урожайность, по сравнению с их отдельным использованием, увеличилась на 3,2 ц/га. Комплексное внесение рекса Т с КАС не обеспечивало достоверную прибавку зерна ячменя по сравнению с отдельным их внесением (табл. 1).

Наибольшая окупаемость 1 кг NPK кг зерна ячменя отмечалась в вариантах  $N_{70}P_{60}K_{90} + N_{20}$  КАС с рексом Т;  $N_{70}P_{60}K_{90} + N_{20}$  КАС + рекс Т, где она составила 12,8; 12,4 кг соответственно (табл. 1).

Анализируя изменения качественных показателей зерна ячменя по вариантам, можно сделать следующие выводы. Наиболее высокими значениями качественных показателей выделяется вариант с отдельным применением КАС и фунгицида рекс Т. Именно этот вариант отличается от остальных вариантов наилучшими показателями по трем представленным параметрам: масса 1000 зерен; содержание сырого белка и его сбор, которые составили 50,4 г; 12,4%; 7,1 ц/га соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Влияние комплексного применения КАС с регуляторами роста и микроэлементами на качество зерна ячменя (среднее за 2003–2004 г.г.)

Варианты	Масса 1000 зерен, г	Сырой белок, %	Сбор сырого белка, ц/га
1. Без удобрений + тилт	45,9	10,9	3,0
2. $N_{14}P_{60}K_{90}$ + тилт	46,7	11,0	4,2
3. $N_{70}P_{60}K_{90} + N_{20}$ КАС + тилт	48,6	11,9	6,2
4. $N_{70}P_{60}K_{90} + N_{20}$ КАС (без фунгицидов)	46,7	11,4	5,5
5. $N_{70}P_{60}K_{90} + N_{20}$ КАС с тилтом	49,9	11,5	6,4
6. $N_{70}P_{60}K_{90} + N_{20}$ КАС + рекс Т	50,4	12,4	7,1
7. $N_{70}P_{60}K_{90} + N_{20}$ КАС с рексом Т	48,2	12,3	7,1

Высокими показателями качества урожая отличается и вариант с внесением полной дозы рекса Т совместно с КАС (табл. 2). Наиболее низкие значения качественных показателей, на фоне  $P_{60}K_{90}$ , оказались на контрольном варианте, варианте с пониженной дозой азота ( $N_{14}$ ) и на варианте, где не применялись фунгициды.

Таким образом, разработанная система применения удобрения на ячмене, является более экологически безопасной, т.к. комплексное применение удобрений и средств защиты растений сокращает количество проходов техники, в результате чего снижается степень повреждаемости растений и степень уплотнения почвы.

#### Литература

1. Балашенко С.А., Демичев Д.М. Экологическое право: Учебное пособие. 2-ое изд. – Мн.: Ураджай, 2000. – 398 с.
2. Вялова А. В. Регламенты применения жидких минеральных удобрений в баковых смесях с пестицидами и регуляторами роста на посевах сельскохозяйственных культур. – Тула, 1993. – 3 с. – (Информ. листок / Тул. ЦНТИ ; № 15-93 ).
3. Комплексное применение азотного удобрения КАС со средствами защиты растений, регуляторами роста при возделывании сельскохозяйственных культур // Международный журнал, №5, 2001.

4. Комплексное применение пестицидов, удобрений и регуляторов роста / Е.Ф. Гранин, Э.И. Моностырская, В.И. Подольский и др. // Защита растений. – 1982. - № 10. – С.38 – 39.
5. Лучшие рефераты по экологии// И.А. Елисеев. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. – 320 с.

УДК 631.95

## **ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ**

В.И. Городничев, Л.И. Передкова, Н.В. Трофимова, Е.Ю. Тришкина,  
А.В. Грушин  
ФГНУ ВНИИ "Радуга", Коломна, Россия

При естественном радиологическом изменении, аварийных выбросах АЭС, использовании высоких доз минеральных удобрений растительная продукция загрязняется радионуклидами, в т.ч. долгоживущими, к которым относятся  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Эти элементы по своим физическим характеристикам адекватны калию и кальцию, поэтому при недостатке последних могут активно усваиваться растениями. Особенно остро эта проблема стоит при орошении, когда при оптимальном водно-воздушном режиме наблюдается активный вынос питательных элементов растениями, а, следовательно, повышается вероятность загрязнения продукции радиоактивными элементами.

Многочисленные исследования (1,2,3) показали, что такие агрохимические приемы как известкование, фосфоритование и внесение повышенных доз калийных удобрений снижают интенсивность поступления радионуклидов в растения. Однако из-за проявления обменной и химической поглотительной способности почв внесённые в неё традиционными способами калий и кальций быстро переходят в недоступную для растений форму, т.е. исчезает их конкурентная активность в отношении изотопов стронция и цезия.

Согласно классическим исследованиям в области изучения механизма минерального питания растений установлено, что основными органами, выполняющими функцию усвоения питательных элементов, являются корни и листья. Растения, забирая из почвы воду и растворённые в ней минеральные элементы, за счёт явлений транспирации, корневого перехвата, массового потока перемещают их по плазмодесмам к ассимилирующему органу, которым является листовая аппарат. Здесь минеральные соли вступают в биохимические реакции, в результате чего образуются сложные органо-минеральные вещества (белки, нуклеиновые кислоты и т.д.).

В зависимости от вида растений и погодных условий интенсивность потока воды от корней в листья сильно меняется. Вместе с этим изменяется и скорость поглощения питательных элементов. Можно предположить, что чем интенсивнее процесс транспирации, тем больше будет усвоено вместе с водой из почвы минеральных элементов, включая и долгоживущие радиоактивные изотопы цезия и стронция. Отсюда следует, что одним из путей предотвращения поступления радионуклидов в растения является снижение интенсивности транспирации. Регулировать этот процесс возможно за счёт частого опрыскивания растений водой, т.к. при высокой влажности воздуха устьичный аппарат все время приоткрыт, что приводит к снижению водопотребления и скорости



усвоения питательных элементов. Однако частый полив приводит к тому, что поступившие в листовой аппарат из почвы питательные элементы, не вступившие в биохимические реакции, вымываются оросительной водой, благодаря чему создаётся дефицит, который растения восполняют за счёт градиента концентрации солей в почве или за счёт поглощения их листовым аппаратом при некорневых подкормках.

Известно, что вода с растворимыми в ней питательными элементами при попадании на лист быстро проникает внутрь тканей, обмениваясь с внутриклеточной водой, а микро- и макроэлементы сразу же, находясь в виде ионов, вступают в реакцию фотосинтеза, его темновую фазу, когда ассимилируются органико-минеральные соединения. Это так называемое некорневое питание. Таким образом, подача растворов минеральных солей на листовую поверхность сокращает доленое участие корневой системы в снабжении растений элементами питания и позволяет предупредить поступление из почвы нежелательных компонентов. Особенно это важно в отношении тяжелых металлов и радионуклидов, поступление которых можно сократить до уровня ПДК за счёт подачи на листовую аппарат растворов солей-антагонистов.

Эти теоретические предпосылки явились основой для разработки технических средств и технологий блокировки поступления радионуклидов из почвы в растения за счёт их частого опрыскивания растворами, содержащими антагонисты радионуклидам цезию и стронцию.

Процесс блокировки начинается с выявления потребности в питательных элементах, в частности калия и кальция. Кроме того, проводится почвенное обследование на радиоактивное заражение территории долгоживущими изотопами стронция и цезия.

С учётом среднестатистической урожайности, характерной для данных почвенно-климатических условий, рассчитывают дозу калия и кальция на планируемый урожай (балансовым методом). Величина средних доз вносимых удобрений для получения планируемого урожая овощей на примере капусты, моркови, томатов и огурцов приведена в таблице 1. Рассчитанные дозы увеличивают в 1,5 раза с целью покрытия возможного дефицита питательных элементов за счёт выноса их с поливной водой за пределы корнеобитаемого слоя.

В качестве солей антагонистов рекомендуется использовать хорошо растворимые соли: сульфат калия (содержание  $K_2O$  – 54%, растворимость 100 г/л) и кальциевую селитру (содержание  $Ca$  – 40%, растворимость – 1200 г/л). Насыщенные растворы солей следует готовить в отдельных технологических ёмкостях с целью предупреждения образования малорастворимого соединения  $CaSO_4$ , выпадающего в осадок. С учетом растворимости солей для приготовления 1 м<sup>3</sup> насыщенного раствора следует брать 100 кг/ м<sup>3</sup> сульфата калия и 1200 кг/ м<sup>3</sup> нитрата кальция. Приготовленные маточные растворы с помощью дозаторов-гидроподкормщиков подаются в поливную воду (доза удобрений, подаваемая за один выплеск, указана в табл. 1).

Вода, с растворёнными в ней удобрениями, подается прерывисто с интервалом, позволяющим поддерживать листовую поверхность растений во влажном состоянии. Временной интервал зависит от метеоусловий и составляет от 5 до 20 минут (табл.2).

Таблица 1. Средние дозы удобрений и продолжительность их внесения для условий Нечерноземной зоны при импульсной подаче с водой.

Культура	Доза питательного элемента, кг/га			Доза солей антагонистов цезию и стронцию, кг/га		Продолжительность подачи за вегетацию, мес.	Всего ( $K_2SO_4 + Ca(NO_3)_2$ ), кг/га				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		За вегетацию	В месяц	В сутки	За 1 час	За 1 приём
Капуста	150	100	180	360	1000	4	1360	340	12	0,5	0,16
Морковь	60	60	90	180	375	4	555	139	5	0,2	0,07
Томаты	90	120	90	180	562	3	742	247	8	0,33	0,11
Огурцы	60	90	60	120	375	3	495	165	6	0,25	0,08

Таблица 2. Время испарения капель с поверхности листьев в зависимости от их размера и метеоусловий

Диаметр капель, мм	Время испарения (мин.) при различной относительной влажности воздуха (числитель) и температуре воздуха (знаменатель)				
	90/20	88/21	84/22	75/23	43/24
<1	18-20	18-20	10-20	8-15	5-10
1-2	20-25	20-35	15-20	15-20	10-20
2-3	40-55	30-45	20-25	17-25	15-20
3-4	45-70	50-70	30-45	30-45	18-35
4-5	75-120	65-80	35-45	35-50	35-50

Поливная норма должна максимально приближаться к суточной эвапотранспирации. Оросительные нормы для областей, подверженных радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС при различной влагообеспеченности, приведены в таблице 3. Интенсивность водоподачи составляет 1...5 мм в сутки.

Таблица 3. Оросительные нормы при различной степени влагообеспеченности (м<sup>3</sup>/га).

Влагообеспеченность, %	Области		
	Калужская	Брянская	Тульская
25 (влажный год)	300	400	600
50 (средний)	750	900	1200
75 (сухой год)	1500	1400	1700

Процесс блокировки осуществляется в два этапа:

В начале вегетационного периода при весеннем дефиците влаги проводится удобрительный полив нормой до 30 мм с одновременным внесением 30 % от рассчитанной нормы удобрений.

С наступлением поливного периода при влажности почвы в слое активного влагообмена до 80 % от наименьшей влагоёмкости (НВ) проводят ежедневные поливы нормой, равной суточной эвапотранспирации с одновременным внесением солей-антагонистов. Подача солей, содержащих антагонисты стронцию и цезию, осуществляется до созревания репродуктивных органов, но не позднее 21 суток до уборки урожая.

Для апробации метода защиты растений от радионуклидов за счёт частого опрыскивания солями-антагонистами в 2002-2003 г. проводились вегетационные опыты на дерново-подзолистой почве с растениями томатов сорта «Москвич», белой фасоли и кукурузы. Опыт проводился по следующей схеме:

1. Фон. В почву не вносили ни стронций, ни кальций. Растения опрыскивали водой с интервалом 20 мин.
2. В почву при закладке опыта внесён стронций. Растения опрыскивали чистой водой с интервалом 20 мин.
3. В почву при закладке опыта внесён стронций и кальций (традиционная технология). Растения опрыскивали чистой водой с интервалом 20 мин.
4. В почву при закладке опыта внесён стронций. Растения опрыскивали раствором соли кальция с интервалом 20 мин.
5. В почву при закладке опыта внесён стронций. Растения опрыскивали раствором соли кальция один раз в день.
6. В почву при закладке опыта внесён стронций. Растения опрыскивали раствором соли кальция один раз в неделю.

Опыт закладывали в 3<sup>x</sup>-кратной повторности. Растения опрыскивали нормой, равной суточной эвапотранспирацией. Недельная поливная норма равнялась сумме суточных поливных норм. В поливную воду вводили насыщенный

раствор кальциевой селитры, приготовленный из расчёта 1200г/л, в концентрации, эквивалентной содержанию стронция в почве.

За время проведения опыта температура менялась в пределах 21-29 °С, относительная влажность – 20-28%. Ежедневная поливная норма зависела от метеоусловий и равнялась суточной эвапотранспирации (9-45 м<sup>3</sup>/га). Опыт проводился в течение двух месяцев, после чего растения срезали, взвешивали, высушивали, измельчали и определяли стронций на атомно-адсорбционном хроматографе ААС – 500. Полученные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4. Влияние технологии подачи раствора Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> на накопление стронция (мг/кг сухого вещества)

Вариант опыта	Культура		
	Томаты	Фасоль	Кукуруза
1	545	1223	60
2	2048	2456	799
3	1323	2620	901
4	1000	2088	1343
5	1250	2129	470
6	1385	2047	920

Как показали исследования (табл. 4), предлагаемая технология защиты растений от поступления радионуклидов за счёт внесения на вегетирующие растения растворов солей, содержащих ионы-антагонисты стронцию, вместе с поливной водой даёт положительный эффект. Так, на растениях томата предлагаемая технология (вариант 4) в сравнении с традиционной (вариант 2) позволила снизить интенсивность загрязнения в 1,3 раза, у фасоли – в 1,2 раза, на кукурузе – в 1,9 раза. Следует отметить, что на овощных культурах (томаты, фасоль) наиболее интенсивным было снижение скорости поступления стронция в варианте, где растения опрыскивали кальциевой селитрой каждые 20 мин., а для кукурузы – наиболее оптимальным было опрыскивание 1 раз в сутки.

Для реализации предложенной технологии в полевых условиях предлагается стационарно-сезонные комплекты импульсного микродождевания КИМД-0,1 и система мелкодисперсного дождевания.

Исходя из технологического регламента технические средства должны отвечать следующим требованиям: осуществлять периодическое смачивание листьев растений, не допуская их полного высыхания; наносимые капли влаги должны иметь размеры, не превышающие 600 мкм; средняя интенсивность нанесения диспергированной влаги на листовую покров должна быть не более 0,003 мм/мин., что соответствует поливной норме 20-40 м<sup>3</sup>/га в сутки; одновременно с поливной водой вносятся соли антагонистов радионуклидов из расчёта среднесуточного потребления их растениями (5-10 кг/га).

КИМД-0,1 предназначен для импульсного микродождевания сельскохозяйственных культур на мелкоконтурных участках площадью до 0,1 га, в т.ч. на индивидуальных садово-дачных участках. Представляет собой конструктивный модуль, включающий гидроаккумулятор полезной ёмкостью 3 л с отходящими

от него четырьмя распределителями длиной по 30 м, на которых расположены дождевальные аппараты на стойках. На вводе в модуль располагается гидроподкормщик, состоящий из технологической ёмкости с маточным раствором минеральных удобрений и устройства для их дозированного ввода в оросительную сеть.

КИМД-0,1 работает следующим образом. К комплекту непрерывно малым расходом подводится вода, обеспечивающим требуемую интенсивность водоподдачи в пределах 2-4 мм в сутки. Постепенно накапливаясь в гидроаккумуляторе до предельного объёма (3 л), вода сжимает воздух под мембраной. Достигнув определённого давления, открывается клапан и накопленный объём воды, под действием сжатого воздуха выбрасывается в сеть и через дождевальные аппараты на орошаемую площадь. Выбросы воды происходят непрерывно, через равные промежутки времени, задаваемые величиной подводимого расхода. При выбросе порции воды происходит подача дозы маточного раствора в ёмкость гидроаккумулятора для выброса с последующей порцией воды. Рабочее давление, необходимое для осуществления работы комплекта, 0,25 МПа.

Система мелкодисперсного дождевания предназначена для малоинтенсивного ежедневного орошения с целью регулирования микроклимата приземного слоя. Аэрозольное дождевание осуществляется при помощи сезонно-стационарных дождевателей, представляющих из себя мачты высотой до 9 м, заканчивающиеся мелкодисперсными насадками. Дождеватели расставляются на опорах по площади орошения в шахматном порядке и соединяются полиэтиленовой распределительной сетью с разборными муфтами. На один гектар площади необходимо от 5 до 8 мачт. Потребляемый расход одним дождевателем 0,5 л/с, напор 0,30-1,25 МПа. Для проведения внекорневых подкормок система оснащается раствором узлом эжекторного типа для ввода растворов удобрений в поливную воду.

Дождеватель мелкодисперсный используется на плантациях многолетних насаждений и других сельскохозяйственных культурах на участках с любым рельефом местности. Технология мелкодисперсного дождевания заключается в периодическом покрытии листового аппарата растений каплями воды с растворёнными в ней питательными элементами диаметром 20-600 мкм, которые остаются на нём до полного испарения. Число циклов увлажнения определяется скоростью испарения капель диспергированной воды с поверхности растений.

Таким образом, проведенные исследования показали, что подача растворов солей, являющихся антагонистами стронцию и калию, вместе с поливной водой в 1,2-1,9 раза снижает поступление радионуклидов в растения в сравнении с традиционной технологией блокировки.

Однако эти данные, полученные в условиях вегетационного опыта, требуют производственной проверки.

#### Литература

1. Алексахин Р.М. и др. Сельскохозяйственная и радиоэкология. М. Экология, 1991.

2. Анненков Б.Н., Юдинцева Е.В. Основы сельскохозяйственной радиологии. М. Агропромиздат, 1991.
3. Бойко В.И. и др. Способы снижения содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции. Основные направления получения экологически чистой продукции растениеводства. Горки, 1992.
4. Отчёт (заключительный) по научно-исследовательской работе «Технологии восстановления природно-ресурсного потенциала и повышения продуктивности мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения» (Допсоглашение № 1 к договору №3 государственного контракта № 43.050.11.2564 от 05.02.02 г.). Коломна, 2002.

УДК 633.18.631.584.4 (470.47)

## **СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬ КРЕСТОЦВЕТНЫХ КУЛЬТУР НА РАННИХ ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ**

Э.Б. Дедова, Г.Н. Кониева  
КФ ГНУ ВНИИГиМ, Элиста, Россия

В настоящее время перед человечеством стоит проблема дефицита пресных водных ресурсов. Решение проблемы связано в первую очередь с использованием дренажно-сбросных вод, объем которых по стране к концу 20 века составил около 5,8...6,0 млрд. м<sup>3</sup> в год. Повторное использование дренажных и сбросных вод с повышенной минерализацией является не только дополнительным источником орошения, но и может стать одной из эффективных мер предотвращения загрязнения водных экосистем.

Воды, согласно Международной классификации, делятся по минерализации на пресные с содержанием солей до 1 г/л и минерализованные – более 1 г/л. Минерализованные воды подразделяются на слабосоленые – 1...3 г/л, средне-соленые – 3...10 г/л, соленые – 10...35 г/л и рассолы – более 35 г/л.

По стандарту, действующему в США, вода считается пригодной для орошения всех сельскохозяйственных культур при содержании в ней солей не более 0,7 г/л. При минерализации воды в пределах 0,7...2,0 г/л необходимо обращать внимание на качественный состав солей и, в первую очередь, на отношение ионов натрия к сумме ионов кальция и магния. Вода с минерализацией свыше 2 г/л считается непригодной для орошения.

В России для первичной оценки пригодности вод для орошения по величине плотного остатка солей пользуются классификациями Л.П.Розова (1956) и А.Н. Костякова (1960). Вода с содержанием солей более 4 г/л, в соответствии с этими классификациями, считается недопустимой для орошения.

Калмыкия практически не имеет собственных водных ресурсов. В условиях их дефицита особенно актуально стоят вопросы использования коллекторно-сбросных минерализованных вод, объемы которых в большом количестве формируются на рисовых системах, а также поступают из сопредельных регионов и аккумулируются в водоемах республики.

В связи с этим в Калмыцком филиале ВНИИГиМ в лабораторных условиях проводились исследования по изучению влияния минерализованной воды на всхожесть семян горчицы и рапса для определения порога солетолерантности этих масличных культур.

*Методика исследований.* Объектом исследований являлись семена растений горчицы сорта «Камышинская-10» и рапса сорта «Ратник». В чашках Петри на фильтровальной бумаге высевали по 100 штук семян горчицы и рапса (в трехкратной повторности). Для замачивания семян использовали воду различной минерализации (табл.1): 1- 0,10 г/л (контроль - дистиллированная вода); 2 – 0,38 г/л (Р-1); 3 – 0,57 г/л (НС-9); 4 – 0,99 г/л (водопроводная вода); 5 – 1,26 г/л (Гашунский распределитель); 6 – 2,74 г/л (Ялмата); 7 – 4,98 г/л (вдхр. Суварган); 8 – 10,21 г/л (Цаган-Нур). Характеристику солевых растворов выражали в единицах осмотического давления (атм).

Таблица 1. Химический состав воды

Место отбора	Концентрация ионов, мг-экв/л / г/л							Σ солей, г/л	pH
	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>		
СООС* Р-1	0,2 0,006	2,6 0,159	1,2 0,043	1,5 0,072	3,0 0,060	2,0 0,024	0,5 0,011	0,375	8,2
СООС* НС-9	-	2,3 0,140	2,0 0,071	0,192	0,060	0,018	0,087	0,568	8,2
Вдх. Нугра	-	3,0 0,183	5,2 0,185	7,0 0,336	-	6,0 0,072	9,2 0,212	0,988	8,2
Гашун- ский распр-ль	-	2,0 0,122	6,6 0,231	11,0 0,528	6,0 0,120	5,0 0,060	8,6 0,198	1,259	8,0
Пруд Ялмата	-	3,9 0,238	24,8 0,868	15,5 0,741	6,5 0,130	9,5 0,114	28,2 0,648	2,742	8,2
Вдх. Суварган	-	5,8 0,354	38,8 1,377	35,0 1,680	2,5 0,050	23,0 0,276	54,1 1,244	4,981	8,4
Озеро Цаган-Нур	-	5,0 0,305	83,0 2,947	75,0 3,600	10,0 0,200	33,0 0,396	110,0 2,760	10,208	8,3

Примечание: \* - Сарпинская обводнительно-оросительная система

Момент замачивания семян считали началом эксперимента. Наиболее однородные проростки по 15 шт. помешали в сосуды для гидропонного выращивания растений с соответствующей варианту минерализации воды. Состояние растений оценивали в конце опыта, спустя 3 недели. Всходы семян горчицы и рапса появились на 2-й день после посева.

*Результаты исследований.* Как известно, вредное действие солей на растения в условиях засоления в первую очередь сказывается на прорастании семян, так как в начальный период роста и развития растения особенно чувствительны к засолению среды. По мере возрастания засоления падает всхожесть семян, высота проростков и длина корня.

Анализ результатов опыта показал, что наибольшая лабораторная всхожесть растений наблюдалась на вариантах с уровнем засоления от 0,13 до 2,25 атм: горчицы - 98,0-99,8%, рапса - 92,7-93,6 %. Лабораторная всхожесть горчицы была выше на 8,8...19,6% всхожести рапса. С увеличением засоления воды с 2,87 до 36,08 атм всхожесть семян растений резко угнеталась действием солей хлора 90,7-77% у рапса и до 96.6 % у горчицы (рис.1).

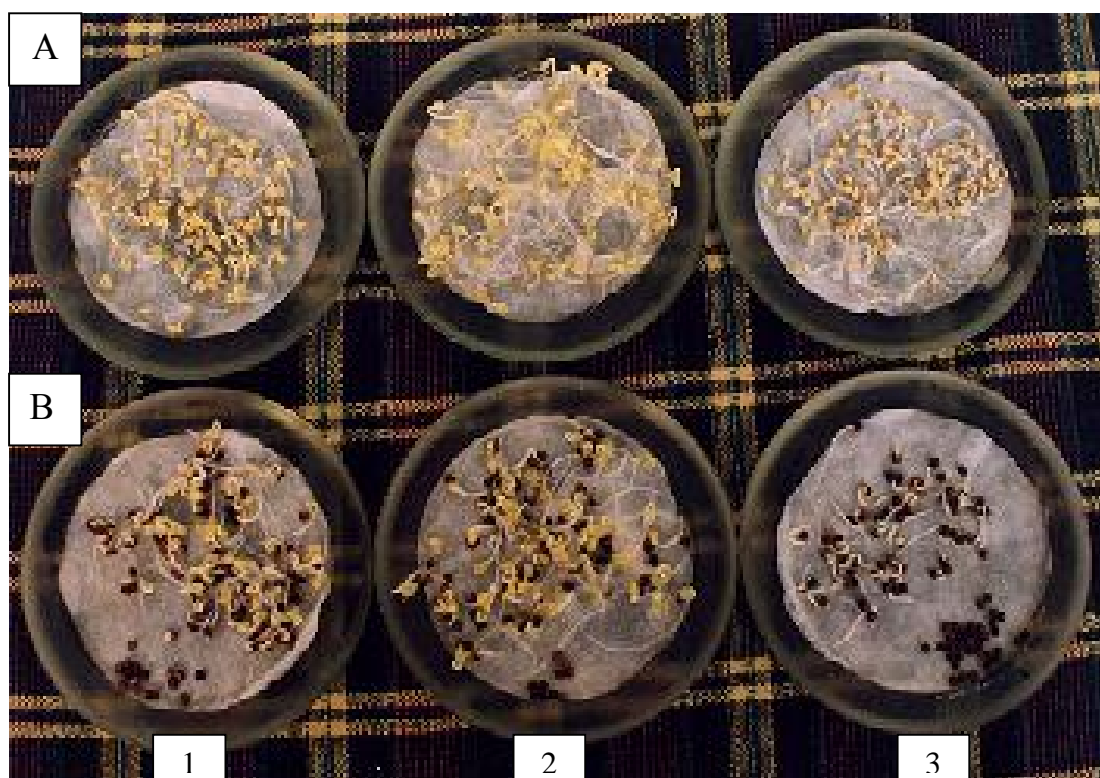


Рис 1. Всхожесть семян горчицы (А) и рапса (В) при различном засолении NaCl: 1 - контроль; 2 –10 атм; 3 – 36 атм

Появление зародышевых структур устойчиво к действию солей и наблюдается при самых высоких концентрациях NaCl. Самое большое их число у горчицы обнаружено на варианте с засолением 0,13-2,25 атм, у рапса – 0,87-2,25 атм. Возникшие зародышеобразные структуры развивались затем в проростки. Рост корней и стеблевой части проростков угнетается только при высоких концентрациях солей.

По результатам наших исследований выявлено, что максимальная длина корней и стеблевых проростков горчицы и рапса были на варианте с засолением 2,25-2,87 атм (табл.2).

Действие высоких концентраций солей влияет, прежде всего, на корневой системе. В надземных органах под воздействием солей нарушается прочность связи хлорофилла с белками хлоропластов и он разрушается, что отражается на интенсивности фотосинтеза и накоплении сухого вещества.

Следует отметить, что на контрольном варианте длина корня была на 42-45% меньше, чем на варианте – 16,88 атм. Таким образом, по результатам лабораторных опытов определен порог солетолерантности растений рапса – 5,100 г/л, при превышении которого происходит массовая гибель растений.

При уровне засоления 36,08 атм высота растений горчицы на 24 день после всходов была 80 мм, длина корня 98 мм, что меньше, чем на варианте с контролем на 20 %. Растения рапса при такой минерализации погибают. Отсюда следует, что горчица солеустойчивее рапса. Порог солетолерантности горчицы - 36,08 атм.



Таблица 2. Образование зародышеобразных структур и рост проростков горчицы сарептской и рапса

Источник отбора воды	Засоление, атм	Число культур с зародышеобразными структурами (из 100)	Длина стеблевой части проростков, мм	Длина корней проростков, мм
<b>Горчица сарептская</b>				
Контроль (дистил. вода)		98	132	123
СОС Р-1	NaCl 0,13	100	137	147
СОС НС-9	0,87	100	173	163
Вдх. Нугра	2,25	100	175	174
Гашунский распр.	2,87	98	174	174
Пруд Ялмата	10,80	96	127	127
Вдх. Суварган	16,88	89	100	99
Озеро Цаган-Нур	36,08	81	80	98
<b>Рапс</b>				
Контроль (дистил. вода)		94	68	15
СОС Р-1	NaCl 0,13	94	77	22
СОС НС-9	0,87	95	83	24
Вдх. Нугра	2,25	96	92	39
Гашунский распр.	2,87	89	85	31
Пруд Ялмата	10,80	85	84	30
Вдх. Суварган	16,88	71	68	27
Озеро Цаган-Нур	36,08	65	-	-

Выявлена криволинейная зависимость высоты растений и длины корня от минерализации (табл.3).

Таблица 3. Зависимость биометрических показателей горчицы и рапса от минерализации воды

Показатели	Уравнения	$K_{\text{корреляции}}$
<b>Горчица</b>		
Лабораторная всхожесть	$Y = 11823 - 238,32X + 1,2X^2$	0,81
Высота проростков	$Y = 44,68 - 5,86X + 0,1929$	0,98
Длина корня	$Y = 65,96 - 8,82X + 0,2936X^2$	0,89

Рапс		
Лабораторная всхожесть	$Y=94,02-0,32X-0,1327X^2$	0,94
Высота проростков	$Y=7,23+1,41X-0,2991X^2$	0,84
Длина корня	$Y=1,69+1,32X-0,2236X^2$	0,75

Таким образом, в условиях Калмыкии возможно высокоэффективное применение минерализованных вод для орошения, что обеспечивает успешное решение нескольких задач: получение дополнительного количества кормов (4,5...5,0 тыс.к.ед./га), рациональное использование местного стока, утилизация дренажно-сбросных вод путем повторного их потребления; экономия оросительной воды.

УДК 631.95

## **МИГРАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА С ДРЕНИРОВАННОГО АГРОЛАНДШАФТА**

Ю.П. Добрачев, К.Н. Евсенкин

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Одними из основных технологических факторов получения высоких урожаев, помимо внесения высоких доз минеральных удобрений, являются факторы мелиорации, такие как орошение и осушение. В этой связи исследование процессов переноса биогенных элементов с водными потоками в агроландшафте приобретает особое значение, поскольку улучшение водного режима посевов путем орошения или осушения оказывает существенное влияние на величину вертикальных и латеральных водных потоков в почво-грунтах и выноса вместе с ними азотосодержащих растворимых веществ. Решение этой проблемы связано проведением комплексного исследования основных протекающих в агроландшафте процессов поступления, аккумуляции и миграции биогенных элементов и влияния на эти процессы факторов мелиорации с целью получения качественной и количественной оценки этого влияния на загрязнение окружающей среды.

Исследования проводились на водосборном участке, расположенном на второй надпойменной террасе р. Оки, являющимся типичным элементом агроландшафта Мещерской низменности на экополигоне «Мещера», площадью 3000 га и включающий следующие элементы ландшафта: лес - 72,4%; пастбища - 6,0%; пашня - 18,6%; урбанизированная территория сельского типа - 3,0% и акватория (свалка) - 0,1%. Весь поверхностный и подземный сток с агроландшафта перехватывается открытым коллектором, что дает возможность измерить вынос различных загрязнителей с территории в водную систему р. Оки.

Поверхность участка представляет слабовыраженную равнину с уклоном 0,001. Основные почвы опытного участка - дерново-подзолистые, по механическому составу песчаные и супесчаные, сформированные на древнеаллювиальных песках. Мощность гумусового горизонта составляет 10-22 см.

Осушение пашни производится закрытым дренажом и открытой сетью каналов. В течение вегетационного сезона проводились замеры расхода воды и

отбор на анализ химического состава воды на 4-х контрольных точках. Гидрологические процессы имеют выраженный сезонный характер. Для теплого периода времени характерны процессы, связанные с ростом и развитием растительного покрова, формированием склонового стока, активной работой дренажных и ирригационных систем.

Натурные и сценарные исследования, проведенные на экополигоне, включали в себя измерение поверхностного стока с элементов ландшафта, дренажно-коллекторного стока, а также химический анализ дренажных вод. В результате проведенных экспериментов были получены закономерности миграции различных форм минерального азота в агроландшафте, представлены динамические характеристики процессов вертикальной миграции и латерального переноса различных форм азота в агроландшафте.

Для определения скорости вертикальной миграции азота использовался трассерный метод исследования. Изучение миграции ионов  $\text{Cl}^-$  (как аналога нитратного азота) в почвенном горизонте с инфильтрационными потоками влаги проводилось в лизиметрах, заряженных супесчаными почвами (глубина монолитов - 1,3 м.). Передвижение ионов хлора с водным потоком в супесчаной почве составило в среднем 25,5 мм/мм инфильтрата. Установлено, что при инфильтрации 40 мм влаги в грунтовые воды (среднегодовые объемы грунтового питания составляют 120-160 мм) ионы хлора с поверхности почвы проникают на глубину свыше 1 м, что свидетельствует о возможности «вымывания» анионов из верхнего плодородного слоя почвы и поступления с осенними осадками (или при весеннем снеготаянии) в грунтовые воды и дренажный сток.

Изучение латерального переноса различных форм минерального азота проводилось путем наблюдения за содержанием азота в грунтовых водах, дренажном стоке и в водах магистрального канала.

На рисунке 1 прослеживаются определенные закономерности формирования пиковых концентраций нитратов в дренажном стоке. Аналогичная закономерность прослеживается для нитратного азота в водах магистрального канала.

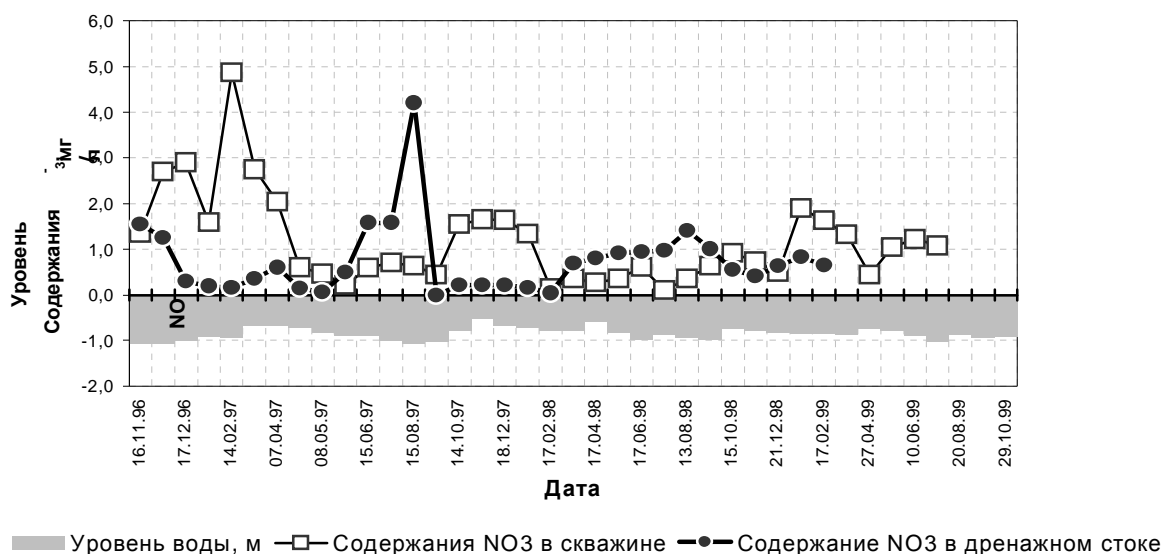


Рис. 1. Содержание нитратного азота в грунтовых водах и дренажном стоке (скважина №8, дрена 2-ДР-39)

Отмеченные здесь в весенний период пиковые концентрации обусловлены поступлением минерального азота, накопившегося в почве за осенне-зимний период. Полученные данные могут служить основанием для утверждения, что на дренируемой территории накопившийся осенью минеральный азот почвы попадает в русло магистрального канала через 6-8 месяцев.

Сопоставление динамики содержания нитратов и нитритов в дренажном стоке и магистральном канале показывает, что значительные изменения содержания азота в магистральном канале связаны с поступлением воды из дренажа, а не с грунтовым питанием. Это утверждение правомерно, поскольку появление пиковых значений концентраций нитритов и нитратов в дренажном стоке совпадает с появлением пиковых значений этих ионов в воде магистрального канала. Анализ динамики содержания нитратного азота в грунтовых водах (за период 1995-2000гг.) по скважинам, расположенным на пахотных землях, позволяет предположить, что появление высоких концентраций вызвано повышенным содержанием ионов  $\text{NO}_3^-$  в почве, что обусловлено вносимыми ранее высокими дозами минеральных удобрений.

Оценка скорости перемещения нитратного азота в агроландшафте выполнена на основе анализа динамики внесения минеральных удобрений на пахотных землях и объемов выноса с агроландшафта общего минерального азота за период 1960-2000гг. (рис. 2).

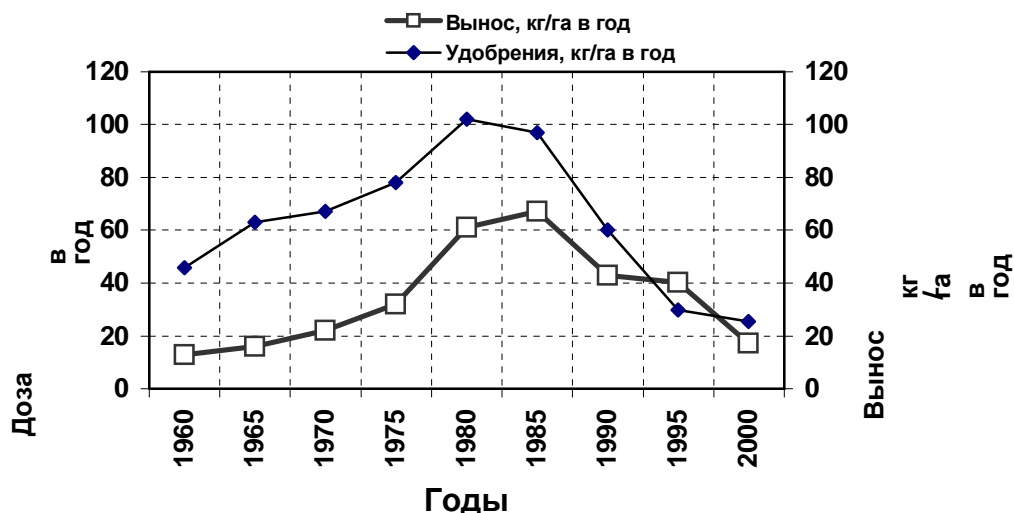


Рис.2. Внесение азотных минеральных удобрений и вынос общего минерального азота с территории опытного полигона (Расчеты произведены на 1 га пахотных земель)

Отмеченное «опаздывание» выноса минерального азота составляет 4-6 лет (при смещении кривой выноса на 5 лет вправо значение коэффициента корреляции возрастает до 0.85 против 0.67 при одновременном сравнении рядов). Аналогичные результаты получены при изучении ландшафтно-агрогеохимического баланса азота легких почв на водосборной территории р.Сохны (В.Н. Башкин, 1987).

Из приведенных экспериментальных данных следует, что скорость латерального переноса подвижных ионов ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ) на дренированной территории зависит от гидрогеологических характеристик почвогрунтов, степени дренированности, уровня грунтовых вод и интенсивности водного обмена.

Физико-химические аспекты процесса миграции аммонийного азота в почве и в грунтовых водах значительно более сложные. Из-за низкой подвижности, обусловленной высокой адсорбционной способностью данного катиона, оценить скорость его передвижения по пиковым концентрациям не представляется возможным.

Режимные наблюдения за динамикой уровня грунтовых вод (УГВ) и их качественным составом проводились в течение 1995-2000 гг. Анализ результатов наблюдений показал, что сезонные колебания УГВ по различным элементам агроландшафта имеют закономерный характер. Минимальный уровень грунтовых вод наблюдается в зимние месяцы, а максимальный – в весенние месяцы.

Анализ многолетней динамики УГВ показывает, что для всех участков землепользования основные закономерности сезонной динамики сохраняются. Многолетние ряды позволили выявить некоторые особенности динамики УГВ. Наиболее устойчивые динамические характеристики УГВ наблюдаются в скважинах, расположенных в центре большого по площади, однородного (по гидрогеологическому сложению и типу растительности) участка, а также на дренируемых сельскохозяйственных угодьях.

Динамика содержания аммония, нитратов и нитритов в грунтовых водах дренированных, не дренированных сельскохозяйственных угодий и дачных участков имеет схожие между собой тенденции сезонных изменений.

Вместе с тем, по данным многолетних наблюдений установлено, что средние концентрации содержания минерального азота (по скважинам) существенно зависят вида землепользования. Наибольшая средняя концентрация аммония отмечена в скважине, расположенной на дачных участках и составляет 6,86 ... 10,96 мг/л. Это вероятно связано с тем, что основной формой удобрений, применяемых на дачных участках, является органическое вещество (навоз) и выделяющийся в процессе его минерализации аммоний в значительных количествах мигрирует с инфильтрационным водным потоком. Динамика содержания аммонийного и нитратного азота по годам исследования показывает, что концентрация нитратного азота в дренажном стоке снижается во времени, а аммонийного - в среднем остается на постоянном уровне.

Наиболее высокие концентрации нитритов отмечаются в грунтовых водах скважины, расположенной в лесу и составляют 0,064 ... 0,34 мг/л. Вероятно, это связано с тем, что почва леса содержит незначительное количество органического вещества (содержание гумуса –0,5-0,7%) и, соответственно, имеет бед-

ную почвенную микрофлору, не способную обеспечить быстрое окисление до нитратной формы аммония и нитритов, попадающих в почву при минерализации подстилки. При этом нитриты достаточно подвижны и в заметных количествах достигают уровня грунтовых вод.

Грунтовые воды на дачных участках и на не дренированной пашне содержат наиболее высокие концентрации нитратов, и составляют 2,16 ... 8,61 мг/л. Это вызвано, с одной стороны, внесением высоких доз органических и минеральных удобрений, а с другой - накоплением нитратов в грунтовых водах за счет более низкой скорости латерального потока грунтовых вод по сравнению с осушаемыми закрытым дренажем участками.

Таким образом, варьирование концентрации различных форм минерального азота в дренажном стоке и в скважинах обусловлено интенсивностью водного обмена в агроландшафте, видом землепользования, временем года, а также типом почв и наличием дренажа.

Выполненные балансовые расчеты показывают, что независимо от величины выпадающих осадков (основного фактора определяющего эмиссионный сток) наблюдается снижение доли выносимого в поверхностные воды минерального азота. Средние величины выноса азотосодержащих веществ с сельскохозяйственных угодий за период вегетации (1996-1999) составляют 23,9 кг/га в соотношении 13,7 кг/га – нитратов ( $\text{NO}_3$ ), 1,6 кг/га – нитритов ( $\text{NO}_2$ ) и 8,6 кг/га – аммония ( $\text{NH}_4$ ). При этом наибольшее количество биогенных веществ выносятся с осушаемых торфяников и садово-огородных участков, расположенных вдоль магистрального канала, и минимальное – с песчаных почв соснового леса. Это явление связано, в первую очередь, с увеличением способности агроландшафта к трансформации и аккумуляции биогенных веществ, а во вторую – со снижением содержания азота во всей толще грунтовых вод. Первое и второе явления связаны с общим оздоровлением ландшафта, вызванным долговременным снижением антропогенной нагрузки.

Интенсификация технологии выращивания сельскохозяйственных культур, связанная с орошением и осушением на фоне высоких доз минеральных удобрений, приводит к увеличению выноса биогенных элементов. Так расчеты инфильтрационных потоков азотосодержащих веществ в грунтовые воды показали, что вынос увеличивается, и составил по годам исследований от 3,32 до 6,79 т/год, в зависимости от доз вносимых азотных минеральных удобрений. В то время как проведенные наблюдения без орошения и применения высоких доз удобрений показали, что происходит снижение выноса азотосодержащих веществ на 30 % и более.

Таким образом, можно констатировать, что по результатам многолетних комплексных мониторинговых наблюдений за уровнем грунтовых вод, содержанием минеральных форм азота в почвенных, грунтовых, дренажных и поверхностных водах установлено, что содержание минерального азота и его вы-

нос с поверхностными водами имеют сезонный характер и зависят от уровня антропогенной (сельскохозяйственной, мелиоративной) нагрузки, доз вносимых удобрений и величины выпадающих осадков. Взаимодействие и взаимное влияние этих факторов способствует появлению в водоприемнике пиковых концентраций, превышающих ПДК, в том числе для нитритов - в 5...15 раз и для аммония - в 4...10 раз.

УДК 633.2.031.

## **ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕДЕНИЯ ЛУГОВОДСТВА НА МЕЛИОРИРУЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ**

А.Г. Кобзин, Т.М.Тихомирова  
ГНИУ ВНИИМЗ, Тверь, Россия

Луговые угодья в Нечерноземной зоне несут не только производственную функцию (получение пастбищного корма и сена), но имеют и большое экологическое значение, обеспечивая устойчивость мелиорируемых агроландшафтов.

Системы ведения лугов должны быть адаптированы к особенностям агроландшафтов, учитывать культуртехническое состояние и плодородие почв, потребности животноводства, обеспеченность сельхозпроизводителя материально-техническими ресурсами и оборотными средствами. Наиболее распространенными системами являются: примитивная, минеральная, техногенная, техногенно-минеральная, техногенно-органическая и техногенно-органоминеральная (комбинированная). Каждая система может реализоваться при широком варьировании уровней интенсификации.

Примитивная система (простое кормодобывание на естественных кормовых угодьях), в связи с ограниченностью средств, широко распространена в хозяйствах Центрального района Нечерноземной зоны. Продуктивность этой системы определяется естественным круговоротом веществ и уровнем антропогенной нагрузки. На осушаемом суходоле временно избыточного увлажнения с дерново-подзолистой супесчаной глееватой почвой повышенного уровня плодородия при одноукосном использовании сформировался разнотравно-злаково-бобовый травостой. Двукосное использование привело к снижению в фитоценозе доли бобового компонента (на 34,6%) и значительному увеличению доли разнотравья и злаков (на 17,3 %). Продуктивность этой системы, в зависимости от условий увлажнения, составила 40,8-54,8 ц/га сухого вещества, с содержанием в 1кг сухого корма 0,77кормовых единиц, 142г протеина, 9,97 МДж обменной энергии.

Внесение минеральных удобрений на этом луге при двукосном режиме скашивания способствовало росту урожайности трав и изменению ботанического состава травостоя. Внесение хлористого калия в дозе К45 повысило сбор сухого вещества на 11,9 ц/га, а азотно-калийное удобрение в дозе №60К45 - на 23,9 ц/га. Минеральные удобрения способствовали увеличению доли злакового

компонента в фитоценозе (на фоне К45 - на 13,6, на фоне №60К45 - на 44,8%) и снижению разнотравья соответственно на 10,0 и 23,7%.

В перспективе примитивная система ведения луговодства сохранится в водоохраных зонах рек и водохранилищ, а также в заповедниках как источник генофонда ценных кормовых растений. Уровень интенсификации минеральной системы определяется флористическим составом травостоя, условиями местообитания и уровнем обеспеченности хозяйств оборотными средствами.

Техногенная система базируется на мобилизации питательных веществ из дернины при омоложении или ускоренном создании сеяных травостоев, которые эффективно используют доступные формы элементов питания, образующиеся в результате разложения органического вещества при обработке почвы. Омоложение травостоев с подсевом клеверо-люцерно-овсянично-тимофеечной смеси на суходоле временно избыточного увлажнения при сенокосном использовании позволило повысить продуктивность естественного луга на 9,1 ц/га кормовых единиц и дополнительно получить 1,9 ц/га сырого протеина, а создание сеяного травостоя такого же флористического состава повысило продуктивность луга на 20,6 ц/га кормовых единиц и 4,1 ц/га сырого протеина.

Создание сеяных травостоев сенокосного использования на суходолах нормального увлажнения и временно избыточного увлажнения с высоким уровнем плодородия обеспечило продуктивность 1га злакового фитоценоза на уровне 27-31 ц кормовых единиц, 36-40 ГДж обменной энергии, 4,7-5,6 ц сырого протеина, а бобово-злакового фитоценоза соответственно – 58 ц, 78 ГДж и 14ц. Продуктивность пастбищных травостоев при техногенной системе ведения в зависимости от местообитания (суходолы нормального и временно избыточного увлажнения, низинный луг) со средним уровнем плодородия составила на злаковом травостое 34-42 ц/га кормовых единиц, 42,4-51,8 ГДж/га обменной энергии, а на бобово-злаковом травостое – 43-57 ц/га и 54,5-71,3 ГДж/га. Эта система ведения позволяет увеличить производство кормов и создать базовую основу для перехода к более интенсивным системам.

Техногенно-органическая система включает создание травостоя с дополнительным внесением элементов питания (органические удобрения) перспективна для животноводческих хозяйств с небольшой долей пашни в структуре сельхозугодий. По нашим данным, внесение 10 т/га торфо-навозного компоста на суходолах повысило сбор злакового сена на 10,4 ц/га, бобово-злакового на 6,2-10,0 ц/га, а внесение 20 т/га соответственно – на 17,3-19,1 и 17,8-19,9 ц/га.. Использование компоста многоцелевого назначения (КМН экв.№90) на пастбищах повысило их продуктивность на 1-1,8 ц/га кормовых единиц и 4,4 - 12,5 ГДж/га обменной энергии. Но внесение органических удобрений является энергозатратным приемом, значительно снижающим агроэнергетический коэффициент (в 3 раза по сравнению с техногенной системой).

Техногенно-минеральная система является менее затратной по сравнению с техногенно-органической. Уровень интенсивности техногенно-минеральной системы определяется наличием в хозяйстве оборотных средств для приобретения удобрений. Нормы минеральных удобрений должны быть адаптивны к типу травостоя, способу использования, планируемой урожайности, почвенно-



мелиоративным особенностям. Так, внесение минеральных удобрений на злаковом сенокосе в дозе №50P25K60 обеспечило продуктивность суходолов на уровне 46 ц/га кормовых единиц и 63 ГДж/га обменной энергии, а на бобово-злаковом травостое в дозе P25K60 соответственно - 68-74 ц/га и 92 ГДж/га.. Увеличение дозы удобрений в 2 раза повысило сбор кормовых единиц на злаковом травостое на 7,8- 12,8, на бобово-злаковом на 7,5 ц/га. Продуктивность злакового пастбища при внесении №90P20K50-75 составила 59-64 ц/га кормовых единиц, 74-81 ГДж/га обменной энергии, агроэнергетический коэффициент равен 5,2-5,4. Удвоение дозы удобрений повысило сбор кормовых единиц на 11,9-14,5 ц/га. Внесение на бобово-злаковом пастбище дозы P20K50-75 обеспечило получение 46-63 ц/га кормовых единиц (в зависимости от местообитания), 58-79 ГДж/га обменной энергии с агроэнергетическим коэффициентом 11-13,2. Увеличение дозы фосфорно-калийных удобрений в 2 раза повысило сбор кормовых единиц на 3,7- 7 ц/га.

Техногенно-органно-минеральная (комбинированная) система является самой продуктивной и затратной из всех изучаемых систем ведения. Продуктивность злакового сенокоса с внесением 10 т/га ТНК и №60P25K60 составила 49-52 ц/га кормовых единиц и 65-69 ГДж/га обменной энергии, бобово-злакового (10т/га ТНК + P25K60) - 74-77 ц/га и 98-101 ГДж/га, при затратах совокупной энергии в 31-36 ГДж/га. Урожайность злакового пастбища при внесении дозы КМН эквивалентной по азоту 90 кг действующего вещества и минеральных удобрений с дозой №90P20K50-75 составила 79-82 ц/га, а при удвоении дозы удобрений – 93-99 ц/га, но рентабельность составила всего 42-83%. Урожайность сухого вещества бобово-злакового пастбища при этих дозах удобрений (без внесения минерального азота) равнялась 68-83 ц/га с рентабельностью 88-99%.

На злаковом пастбище наиболее благоприятные условия для роста и развития трав и урожайности при всех системах ведения были на осушаемом низинном луге, но эффективность удобрений выше на суходоле нормального увлажнения. Техногенно-минеральная и комбинированная системы обеспечивают наилучшую сохранность сеяных злаков в луговых фитоценозах. На продуктивное долголетие бобово-злакового травостоя большое влияние оказывают почвенно-мелиоративные условия: на осушаемых суходоле временно избыточного увлажнения и низинном луге обилие клеверов на уровне 50% и более сохраняется в течение 4-5 лет пользования при всех системах ведения.

Луговые травостои благодаря дерново-образовательному процессу имеют большое фитомелиоративное значение. За 5 лет жизни злаковый сенокос при техногенной системе ведения накопил корневую систему массой 152-163 ц/га, внесение ТНК увеличило массу корней на 5,6-9,5 ц/га, а минеральные удобрения в дозе №60P25K60 на 24,6-41,2 ц/га. Масса корневой системы под бобово-злаковым травостоем при техногенной системе составила 188-198 ц/га, внесение ТНК увеличило этот показатель на 8,1, а P25K60 на 27,3-34 ц/га. Прирост гумуса под злаковым травостоем в зависимости от системы ведения составил 0,1-3,3 т/га, а под бобово-злаковым – 1,1-7,7 т/га. На злаковом пастбище корневая масса по содержанию азота была эквивалентна 41-49 т/га, а под бобово-

злаковым травостоем –30-47 т/га навоза. Наибольшее влияние на увеличение содержания гумуса в почве пастбищ (на 0,2-0,3%) оказала техногенно-минеральная система.

Под влиянием луговых трав произошли благоприятные изменения водно-физических свойств осушаемых почв. Так, на сенокосах плотность почвы снизилась на 0,41 г/см<sup>3</sup>, общая порозность возросла на 14%, коэффициент фильтрации на 0,24 м/сут. На пастбище плотность почвы снизилась на 0,12 г/см<sup>3</sup>, а коэффициент фильтрации возрос на 27-50%.

Создание луговых травостоев способствует поддержанию продуктивности мелиорируемых агроландшафтов Центрального Нечерноземья в зависимости от системы ведения на уровне 24-58 ц/га кормовых единиц, сохраняя и улучшая плодородие почвы. Наиболее адаптивной системой ведения лугов является техногенно-минеральная.

УДК 631.6

## **ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЕМ ПОЧВ В СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НЕЧЕРНОЗЁМНОЙ ЗОНЫ**

Н.Г. Ковалёв, Т.С. Зинковская, В.Н. Зинковский  
ГНИУ ВНИИМЗ, Тверь, Россия

Предлагаемые технологии регулирования параметров плодородия почв в современных системах земледелия помимо традиционной агротехники базируются на дополнительном использовании обширного арсенала мелиоративных воздействий (комплексных мелиораций) на основные режимные процессы, протекающие в корнеобитаемом слое при возделывании сельскохозяйственных культур.

Комплексные мелиорации в адаптивно-ландшафтных системах земледелия занимают одно из ведущих мест при разработке гибких технологий управления продуктивностью возделываемых культур путём регулирования водного, воздушного, пищевого, кислотного, теплового режимов среды произрастания растений. Планирование комплексов мелиоративных мероприятий в системах земледелия сельскохозяйственных предприятий проводится при соблюдении следующих принципов:

а) Целью рекомендуемых к применению в земледелии агро-мелиоративных работ является оптимизация основных показателей среды произрастания культурных растений в соответствии с их биологическими требованиями и планируемой продуктивностью;

б) Параметры агро-мелиоративных приёмов, проводимых в целях оптимизации условий среды возделывания растений, должны соответствовать требованиям охраны природы и обеспечивать сохранение или повышение экологической устойчивости и продуктивности агроландшафтов;

в) Выполнение агро-мелиоративных мероприятий осуществляется земледельцами с необходимой временной цикличностью в промежутках между основными агротехническими работами по возделыванию культур;

г) Агроэкономическая эффективность различных комплексов мероприятий по мелиоративному управлению параметрами среды возделывания сельскохозяйственных культур определяется полнотой и качеством выполнения технологических работ в составе каждого комплекса, рекомендованного для конкретных условий.

Основные принципы оптимизации условий произрастания растений должны исходить из биологических и агротехнических требований сельскохозяйственных культур к условиям среды их возделывания, а для зоны избыточного увлажнения, в первую очередь, к параметрам водно-воздушного режима почв. Оптимизация водно-воздушного режима, помимо нормального обеспечения корневых систем растений влагой и воздухом в течение всего вегетационного периода, призвана создать условия для своевременного и качественного проведения на полях всех сельскохозяйственных работ (от предпосевных обработок почвы до уборки урожая и вывоза с поля продукции).

При возделывании сельскохозяйственных культур не ограничиваются регулированием только водно-воздушного режима почв. Оптимизация условий среды произрастания культурных растений предполагает обязательные мероприятия по регулированию пищевого, кислотного и теплового режимов.

Принципиальная схема управления параметрами этой среды в адаптивно-ландшафтных системах земледелия посредством включения специальных агро-мелиоративных приёмов в технологические процессы возделывания культурных растений представлена на рисунке 1.

Природные условия Нечернозёмной зоны России крайне разнообразны и с точки зрения земледелия здесь рассматриваются четыре основных типа агроландшафтов: а) моренно-эрозионные (опольные) с преобладанием пылеватых суглинков, б) конечно-моренные на двучленных отложениях и валунных суглинках, в) полесские зандрово-аллювиальные равнины на песках и слоистых отложениях, г) пойменные (табл. 1).

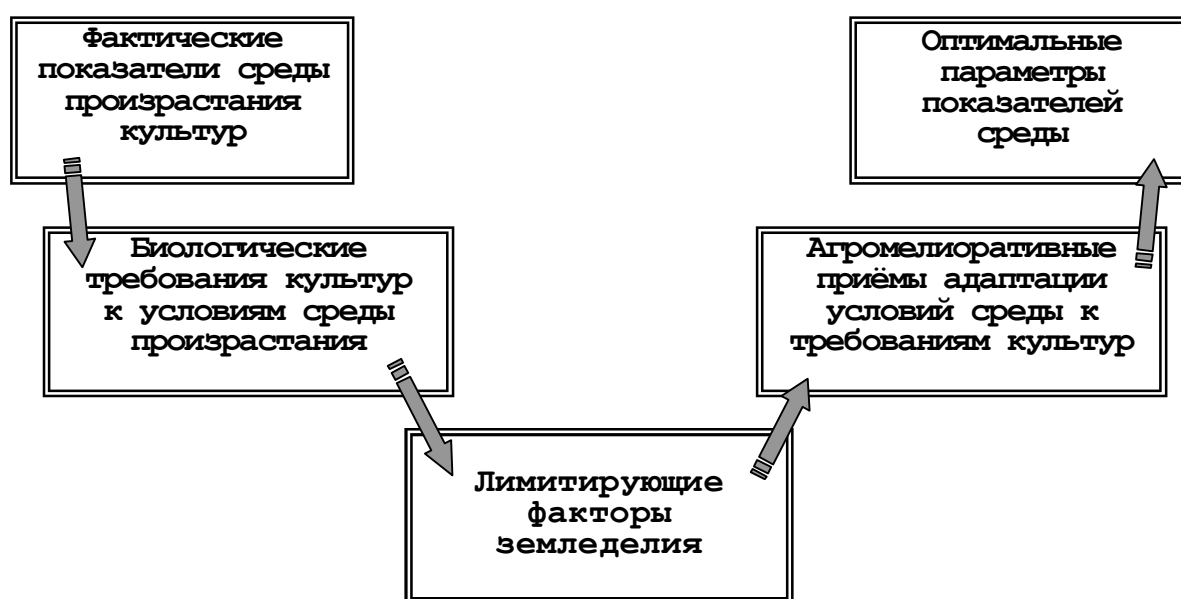


Рис. 1 Схема регулирования параметров среды возделывания культур агромелиоративными приёмами в адаптивно-ландшафтных системах земледелия

Таблица 1. Лимитирующие факторы земледелия и потребность в комплексной мелиорации на основных типах агроландшафтов Нечернозёмной зоны

Агроландшафты	Лимитирующие факторы земледелия	Комплексы мелиоративных мероприятий
<b>Конечно-моренный</b> (на двучленных отложениях)	Верховодка на морене; высокая водопроницаемость; невыровненность рельефа; задержка весенне-полевых работ; локальные вымочки посевов; водная эрозия на склонах; малая мощность гумусового горизонта; закаменённость	Осушение; рыхление морены; повышение водоудерживающей способности; выравнивание микро-рельефа; противоэрозионные мероприятия; углубление пахотного слоя; устранение закамененности
<b>Полесский</b> (на песках и супесях)	Очень высокая водопроницаемость почв; низкая водоудерживающая способность; дефицит продуктивной влаги; маломощный гумусовый горизонт, низкое содержание N,P,K; низкий pH; локальное заболачивание	Повышение влагоемкости, емкости поглощения ППК, мощности гумусового слоя; осушение; разрушение водоупорных прослоек; устранение низкого pH; орошение при дефиците влаги
<b>Ополенный</b> (на суглинках и глинах)	Слабая водопроницаемость почв; заболачивание; водная эрозия почв на склонах; малая мощность гумусового горизонта на склонах; локальные вымочки посевов	Повышение инфильтрации почв; сброс избытка поверхностных вод; осушение; ликвидация неровностей микро-рельефа, противоэрозионные мероприятия; углубление пахотного слоя смытых почв
<b>Пойменный</b> (на слоистых аллювиальных отложениях)	Периодическое затопление земель; задержка начала весенне-полевых работ; пестрота почвенного покрова; локально - заболоченность, низкий pH, закустаренность, закочкаренность; летний дефицит влаги на осушаемых торфяниках	Обвалование земель от реки; оптимизация pH; выравнивание поверхности; ликвидация кустарника и кочек; осушение заболоченных земель; тепловые мелиорации; орошение

Приведённые в таблице 1 комплексы мелиоративных мероприятий являются типичными для агроландшафтов, но не решают задачи оптимизации условий среды возделывания культур на конкретных полях хозяйств.

Расчеты комплексов мелиораций для оптимизации условий произрастания культур в адаптивно-ландшафтных системах земледелия, разрабатываемых для конкретных хозяйств с указанием конкретных агро-мелиоративных мероприятий, проводятся в разрезе отдельных полей на основе предоставляемой хозяйством информации. Анализ такой информации позволяет устранить лимитирующие факторы земледелия на данном поле путём приближения конкретных показателей среды возделывания культур к оптимальным применением агро-мелиоративных приёмов (табл. 2).

Информация о состоянии каждого поля, кроме показателей из таблицы 2, должна содержать сведения: по возделываемым на поле культурам, внесению удобрений и известии в течение последних 3 лет; по выделению на карте-схеме поля мест вымочек посевов, закаменённости, закустаренности, эрозии почв; для характеристики почвенного покрова приводится описание почвы (название, гранулометрический состав, степень оглеения). Данные по pH, содержанию гу-

муса и основных элементов питания берутся из материалов последнего агрохимического обследования земель хозяйства.

Таблица 2 - Лимитирующие факторы произрастания культур на минеральных почвах Нечерноземной зоны и пути их устранения

Регулируемые факторы	Фактические параметры	Мелиоративные и агротехнические приемы оптимизации условий среды	Рекомендуемые параметры
1	2	3	4
<b>По блоку водных мелиораций</b>			
Плотность почвы пахотного слоя, $г/см^3$	1,00-1,70	При завышенных показателях - вспашка, рыхление; внесение органических удобрений, заплата растительных остатков, сидератов; пескование При заниженных - прикатывание, глинование, землевание	1,30-1,40 - легкие почвы; 1,20-1,30 - средние; 1,10-1,25 - тяжелые
Порозность общая $P$ , % к объему почвы	35-60	Регулируется через плотность почвы теми же приемами	50-55
Порозность аэрации, % к $P$	10-80	То же	18-25
Водопроницаемость, $Kф$ , м/сутки	0,01-5,5	При заниженных показателях - глубокие обработки	0,15-0,75
Высокий УГВ, см от поверхности	< 40-60	Гончарный, бестраншейный дренаж или кротовый дренаж	60-100
Затопление посевов летом, суток	1 и более	Устройство оградительной сети, планировка, выборочное бороздование, узкозагонная вспашка, нарезка гребней	< 1,8 - мн. травы
Затопление пахотного слоя летом, суток	> 2-3	Планировка полей, глубокое рыхление или щелевание почвы; дренаж	< 3 (сенокосы) < 1,5 (другие культуры)
<b>По блоку земельных мелиораций</b>			
Мощность гумусового горизонта, см	10-22	Углубление горизонта при вспашке с внесением высоких доз органики	22-30
Содержание гумуса, %	0,5-2,0	Внесение органики, заплата сидератов, мн. травы	2,0-2,5
Содержание доступных форм, мг/100 г - азота ( $NO_3+NH_4$ ) - фосфора - калия	< 2-3 2-15 3-15	Внесение органических удобрений; внесение минеральных удобрений в расчете на положительный баланс N,P,K; обработка семян биопрепаратами	3,0-4,5 20-25 20-25
Реакция почвенного раствора, $pH_{сол}$	4,0-5,5	Известкование раз в 4-5 лет	5,5-6,5
Содержание водорочных агрегатов $>0,25$ мм	< 25	Посев мн. трав; внесение органики; известкование; применение структуроулучшителей	40-80
Наличие эрозионноопасных земель	-	Система агротехнических противоэрозионных мероприятий; улучшение почвенной структуры	-
Закамененность, закустаренность, закокочаренность	-	Уборка камней, удаление кустарника и кочек	-

1	2	3	4
<b>По блоку тепловых мелиораций</b>			
Сумма эффективных температур > 10°, °С с обеспеч. 50 лет -"- 90 лет	1400-2400 1100-2100	Подбор культур (сортов) на вероятность 80-90 % (лет) обеспеченности теплом; размещение теплолюбивых культур на склонах южной экспозиции и других более обеспеченных теплом элементах рельефа	
Интенсивность снеготаяния и прогревания почвы весной	-	Для ускорения - гребневание, грядование полей с осени; затемнение снега в начале снеготаяния	
Теплообеспеченность посевов в период вегетации	-	Для повышения - осушение переувлажненных земель; мульчирование междурядий торфом, светопрозрачной пленкой; кулисные посевы	
Условия перезимовки озимых культур	-	Против вымерзания - создание на полях 30 см слоя снега путем кулисных посевов	
Заморозки	-	Сев теплолюбивых культур в менее опасных местах рельефа; противозаморозковое дождевание; сжигание мусора	
Засуха	-	При почвенной засухе - дождевание, разрушение почвенной корки; при атмосферной засухе - дождевание, в т.ч. МДД	

На основании анализа представленной информации производятся необходимые расчеты и выдаются рекомендации по управлению водно-воздушным режимом и плодородием почв на каждом поле севооборота посредством применения соответствующих агромелиоративных приёмов. Суммарным итогом расчётов является сводный выходной документ по комплексной мелиорации каждого из полей севооборотов, входящих в систему адаптивно-ландшафтного земледелия конкретного хозяйства.

УДК 631.671

## **МЕЛИОРАТИВНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В СФЕРЕ ОРОСИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ**

Ю.С. Лялин

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Анализ существующих методов мелиоративно-гидрогеологического обоснования оросительных мелиораций [1] показывает, что первоочередной задачей их дальнейшего совершенствования является уточнение общих подходов (методологии) проведения работ на разных стадиях мелиоративной деятельности, связанных с оценкой неопределенности и риска инвестиционных проектов.

В соответствии с действующим методическим руководством по оценке экономической эффективности инвестиционных проектов [2] необходимость учета неопределенности и риска является новым и принципиальным моментом при рассмотрении любых хозяйственных проектов, включая мелиоративные.

Под неопределенностью при этом понимается неполнота или недостаточность информации об условиях реализации инвестиционного проекта. Риск рассматривается как возможность возникновения таких ситуаций, которые

при реализации проекта приведут к негативным последствиям. Отдельные факторы неопределенности учитываются в расчетах эффективности, если при их разных значениях затраты и результаты по проекту существенно отличаются. Проект считается устойчивым, если при всех возможных сценариях он оказывается эффективным и финансово реализуемым, а возможные неблагоприятные последствия устраняются специальными, предусмотренными организационными мерами.

Для оценки устойчивости и эффективности проектов в условиях неопределенности рекомендуется использовать приведенные ниже методы, каждый последующий из которых является более точным, но и более трудоемким и исключает необходимость использования предыдущего:

1. Укрупненная оценка устойчивости
2. Расчет уровня безубыточности
3. Метод вариации параметров
4. Оценка ожидаемой эффективности проекта с учетом количественных характеристик неопределенности.

Все эти методы, кроме первого, предполагают разработку сценариев реализации проекта в наиболее вероятных или в наиболее опасных условиях. Это дает возможность (при необходимости) предусмотреть в проекте меры по предотвращению или перераспределению возможных потерь.

При выявлении неустойчивости проекта рекомендуется внести коррективы в организационно-экономический механизм его реализации. В тех случаях, когда даже при этих коррективах проект остается неустойчивым, его реализация признается нецелесообразной, если отсутствует дополнительная информация, достаточная для применения четвертого из перечисленных выше методов. В последнем случае решение вопроса о реализации проекта проводится на основании этого метода без учета результатов всех предыдущих.

Основной целью оросительных мелиораций, как известно, является увеличение объемов и обеспечение стабильности сельскохозяйственного производства на землях недостаточного и неустойчивого увлажнения путем регулирования водного и тесно связанных с ним теплового, солевого, воздушного и питательного режимов сельскохозяйственных угодий. Оросительные мелиорации и производство сельскохозяйственной продукции на мелиорированных землях представляют собой единый комплекс и относятся к виду природно-хозяйственной деятельности, основанной на комплексном использовании земельных и водных ресурсов. При этом оросительные мелиорации могут оказывать негативное воздействие на многие компоненты окружающей природной среды, условия жизни и деятельности человека.

Гидрогеологические условия орошаемых и прилегающих земель (территорий) существенно влияют как на выбор оптимальных решений по рациональному использованию водных и земельных ресурсов (создание и поддержание оптимального водно-солевого режима орошаемых земель), так и на масштаб, интенсивность и особенности возможного негативного воздействия на окружающую среду. Изучение существующих гидрогеологических условий действующих и вновь создаваемых оросительных систем, прогноз возможного из-



менения этих условий и оценка влияния как существующих, так и прогнозируемых условий на экономическую эффективность и экологическую безопасность мелиоративных объектов является целью мелиоративно-гидрогеологического обоснования. Обоснование проводится на всех стадиях мелиоративных работ в процессе комплексных гидрогеологических и инженерно-геологических изысканий.

Для любых природно-хозяйственных объектов характерна неопределенность, связанная со сложностью, неоднородностью и степенью изученности природных условий, в том числе мелиоративно-гидрогеологических. Наличие и степень неопределенности могут существенно влиять на качество технических и экономических решений, принимаемых с использованием мелиоративно-природных показателей, и определять возможность возникновения тех или иных отрицательных последствий при реализации инвестиционных проектов, т.е. рисков, которые могут быть названы как расчетные.

В новой нормативно-методической литературе по изысканиям для гражданского строительства [3] введено понятие экологических рисков, однако их содержание и методы оценки детально не рассматриваются. Из анализа этих документов складывается впечатление, что речь идет о рисках возникновения опасных природных процессов (наводнения, землетрясения и т.д.), а не о рисках, связанных с влиянием качества изучения природных условий хозяйственных объектов на принимаемые технические и экономические решения. Разработка методов оценки последних представляется крайне важной при определении состава и методики мелиоративно-природных изысканий на конкретных объектах на разных стадиях мелиоративных работ.

С учетом рассмотренных выше возможных подходов к учету неопределенности и риска можно говорить о возможности использования разных методов оценки неопределенности мелиоративно-гидрогеологических данных в инвестиционных проектах орошения земель. Неопределенность (ошибка) практически всегда присутствует при изучении и прогнозировании мелиоративно-гидрогеологических условий орошаемых территорий. Эти условия зависят от целого ряда факторов и могут по-разному влиять на неопределенность и риск принимаемых на их основе технико-экономических решений.

Мелиоративно-гидрогеологические данные используются в расчетах оросительной и дренажной сети, при определении возможности, масштабов и темпов развития процессов подтопления на орошаемых и прилегающих землях, оценке возможного ухудшения качества поверхностных и подземных вод, определении особенностей развития инженерно-геологических процессов на орошаемых территориях, а также при решении проблемы утилизации дренажного стока. Для учета возможного влияния качества мелиоративно-гидрогеологических данных на технические и экономические неопределенности и риски необходима количественная оценка возможных ошибок определения соответствующих расчетных показателей. По этим данным может быть выполнен факторно-диапазонный или вероятностный анализ их влияния на неопределенность оценки экономической эффективности мелиоративных проектов.

Величина и характер возможных ошибок мелиоративно-гидрогеологического обоснования зависят от детальности проведенных работ, полноты и качества информации о геолого-геоморфологическом строении территории, качества гидродинамических и гидрохимических моделей, методов определения отдельных параметров и прогнозирования их изменения и др.

Существующие подходы к выбору состава и объема изыскательских работ на разных стадиях мелиоративной деятельности должны корректироваться с учетом допустимой степени влияния их качества на оценку общей экономической эффективности проекта при требуемом уровне его экологической безопасности. При использовании в технических и экономических расчетах простых мелиоративно-гидрогеологических показателей (например, коэффициента фильтрации грунтов) качество исходной информации может определяться статистическими (вероятностными) методами. Такие методы широко используются в инженерной геологии, основываются на оценке степени изменчивости показателя и количестве выполненных опробований и регламентируются стандартом ГОСТ 20522-96.

Существенно сложнее оценка развития процессов подтопления в пространстве и во времени, изменения качества подземных вод, развития или активизации инженерно-геологических процессов. Используемые в технико-экономических расчетах мелиоративно-гидрогеологические показатели имеют в этом случае сложный характер и определяются особенностями сочетания нескольких факторов. Так, при оценке процессов подтопления на землях с глубоким исходным залеганием грунтовых вод учитываются общие условия формирования и разгрузки региональных потоков грунтовых или грунтово-напорных вод, в пределах которых находятся орошаемые земли, величина естественного и ирригационного питания, характер и возможность изменения фильтрационной схемы выше основного расчетного (регионального) водоупора, емкостные свойства пород зоны аэрации. Для оценки качества сложных (обобщающих) мелиоративно-гидрогеологических показателей и возможной существенной неопределенности и риска при технико-экономических расчетах прямое использование вероятностных методов весьма затруднено. Анализ опыта в мелиоративной и смежных сферах природно-хозяйственной деятельности показывает, что в этих случаях обычно используется экспертный метод, метод аналогий или факторно-диапазонный анализ.

Экспертный метод обычно применяется на самых ранних стадиях изысканий и предполагает оценку специалистами высокой квалификации возможных ошибок при определении расчетных мелиоративно-гидрогеологических показателей. Метод аналогий основывается на районировании значительных территорий по наиболее значимым показателям, характеризующим особенности мелиоративно-гидрогеологических условий. Он позволяет более объективно оценивать возможную неопределенность в оценке расчетных показателей на основе анализа опыта создания и эксплуатации действующих систем, находящихся в сходных природно-хозяйственных условиях, или данных, полученных на детально изученных объектах. При этом может оцениваться качество как обобщающих показателей (итоговые показатели гидрогеодинамических и гидрогео-

химических прогнозов), так и отдельных исходных показателей, используемых при определении обобщающих. Районирование должно основываться на качественной геолого-геоморфологической основе и охватывать (по возможности) всю зону неустойчивого и недостаточного увлажнения. Такое районирование необходимо также для оценки адекватности используемых гидрогеодинамических и гидрогеохимических моделей, точности и представительности различных методов изучения мелиоративно-гидрогеологических параметров и показателей и их изменчивости. Для проведения указанных оценок необходимо создание специальных гидрогеологических полигонов в пределах основных орошаемых регионов, а также формирование региональных и федерального банков данных.

Факторно-диапазонный метод используется для оценки качества прогнозных и специальных гидрогеодинамических и гидрогеохимических расчетов, результаты которых определяются сочетанием нескольких факторов. В этом случае выполняется так называемое имитационное моделирование с использованием соответствующих параметров в возможном диапазоне их изменений. Особенности использования такого подхода нашли отражение в целом ряде публикаций, но не получили пока широкого распространения в практике обоснования оросительных мелиораций.

#### Литература

1. Ю.С. Лялин. Совершенствование научно-методических основ мелиоративно-гидрогеологического обоснования орошаемых мелиораций в России // Статьи и полные тексты докладов Межрегиональной конференции МКИД «Производство продовольствия и вода: социально-экономические проблемы ирригации и дренажа». Москва, Россия, 8-10 сентября, 2004 г.
2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). М.: «Экономика», 2000. 421 с.
3. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. - М.: Минстрой России, 1997.

УДК 631.48

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ КАК СРЕДСТВА СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Ю.А. Мажайский, Ю.П. Пожогин, С.А. Тобратов  
МФ ГНУ ВНИИГИМ, Рязань, Россия

Рост масштабов техногенеза приводит к вовлечению значительных площадей сельхозугодий в сферу влияния выбросов промышленных предприятий. Низкий уровень агротехники, как следствие кризиса в аграрном секторе, способствует активизации воздействия техногенных загрязнителей на все компоненты агроландшафтов. При этом большинство мелиоративных мероприятий, помимо роста урожайности, параллельно способствуют восстановлению защитных свойств почвенного покрова по отношению к широкому кругу экотоксикантов.

Для оценки экологических эффектов внесения органических удобрений, химвелиорантов и различных режимов орошения в условиях загрязнения корнеобитаемого слоя почвы тяжелыми металлами был поставлен лабораторный вегетационный опыт. Опытные сосуды представляли собой емкости из химически инертного материала, заполненные темно-серой лесной тяжелосуглинистой почвой, и снабженные приемниками для сбора гравитационных вод. В опыте использовалась почва, относящаяся к наиболее распространенному в центре Рязанского региона типу. В каждый из сосудов, независимо от вариантов опыта (за исключением абсолютного контроля), внесено идентичное количество ТМ – 4200 мг/сосуд свинца и 2,1 мг/сосуд кадмия. Металлы вносились в форме солей; дозы внесения рассчитаны на основании данных об уровнях атмосферных выпадений ТМ в зоне влияния выбросов Рязанской ГРЭС, полученных нами ранее в ходе полевых исследований.

В каждом из 2-х вариантов опыта исследования проводились по трем направлениям: а) без орошения, когда полив моделировал естественные зонально-региональные условия увлажнения вегетационного периода; б) в условиях орошения (фоновое увлажнение и 1 оросительная норма – полив нормой 20 мм и с межполивным интервалом 14 дней); в) при фактическом переувлажнении (фоновое увлажнение и 1,5 оросительных нормы).

Два контрольных варианта – К1 (с внесением ТМ в тех же дозах, что и в вариантах 1 и 2, но без агро-мелиоративных мероприятий) и К2 (абсолютный контроль: без применения удобрений, мелиорантов и без внесения ТМ) предусматривали лишь еженедельный «фоновый» полив. Повторность всех вариантов опыта была трехкратной (табл. 1).

Таблица 1. Общая схема опыта в вегетационных сосудах\*

Линии опыта		Условия увлажнения		
		Моделирование Атмосферного увлажнения	Орошение	Переувлажнение
		<i>а</i>	<i>б</i>	<i>в</i>
<b>Навоз</b> (из расчета 100 т/га)	<b>1</b>			
<b>Навоз</b> (из расчета 100 т/га) <b>и известь</b> (из расчета 6 т/га)	<b>2</b>			
<b>Контроль+ТМ</b>	<b>К-1</b>		–	–
<b>Контроль чистый</b>	<b>К-2</b>		–	–

Примечание: \*показано распределение вегетационных сосудов по вариантам опыта

Показательно, что геохимические аналоги – медь и свинец (обладают значительным сродством к органическому веществу), цинк и кадмий (сходны по строению электронных оболочек) – проявили значительное сходство в параметрах водной миграции, несмотря на то, что загрязнение почвы медью и цинком не моделировалось. Причем связь динамики концентраций Pb и Cd, соли которых совместно вносились в почвы опытных сосудов, заметно слабее (рис.1).

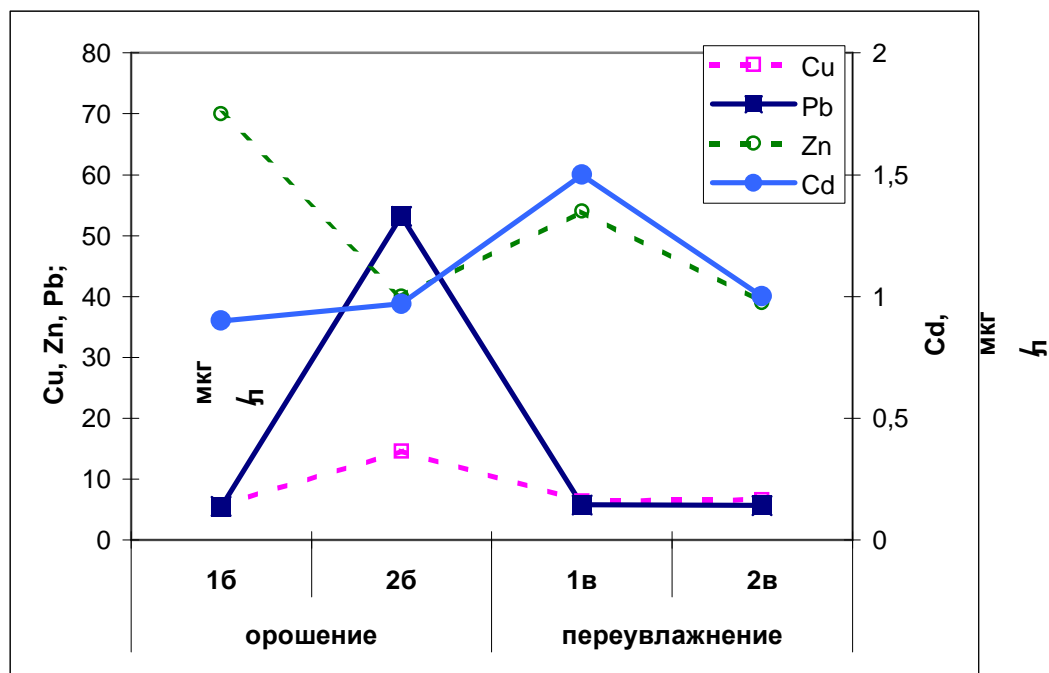


Рис. 1. Динамика концентраций металлов – геохимических аналогов в почвенных водах по вариантам эксперимента

Примечание: коэффициенты корреляции концентраций Pb и Cu +0,81; Zn и Cd +0,65.

Концентрация Pb значительно уступала средней концентрации в грунтовых и поверхностных водах зоны воздействия РГРЭС несмотря на 50-кратную разницу в содержании в почве (рис. 2). Таким образом, агромелиоративные приемы, основанные на внесении в почву органических удобрений, способны многократно снизить опасность загрязнения природных вод металлами, имеющими повышенное сродство к комплексообразованию с органикой, что в отношении Pb проявляется и при весьма высоком уровне загрязнения. При совместном внесении навоза и известковых мелиорантов водная миграция ТМ значительно возрастает, и иммобилизующая функция органики перестает проявляться, что связано с ростом стабильности водорастворимых органоминеральных комплексов ТМ в щелочной среде. Особенно явными неблагоприятными последствиями были при периодически промывном водном режиме почв, т.е. в условиях орошения (вариант 2а) (рис. 2). Это привело к усилению выноса главным образом энергичных комплексообразователей Pb и Cu, но также и Cd. Но в варианте 1б активной миграции Pb не наблюдалось, т.к. повышенные дозы навоза фактически нивелировали проявление деградации. Полученные результаты позволяют рекомендовать проводить исключительно раздельное внесение орга-

нических удобрений и известковых материалов (для последних – более целесообразно их дробное внесение), т.к. в противном случае вместо иммобилизации ТМ произойдет их активное накопление в жидкой фазе почв, что следует отнести к числу наиболее негативных последствий техногенеза.

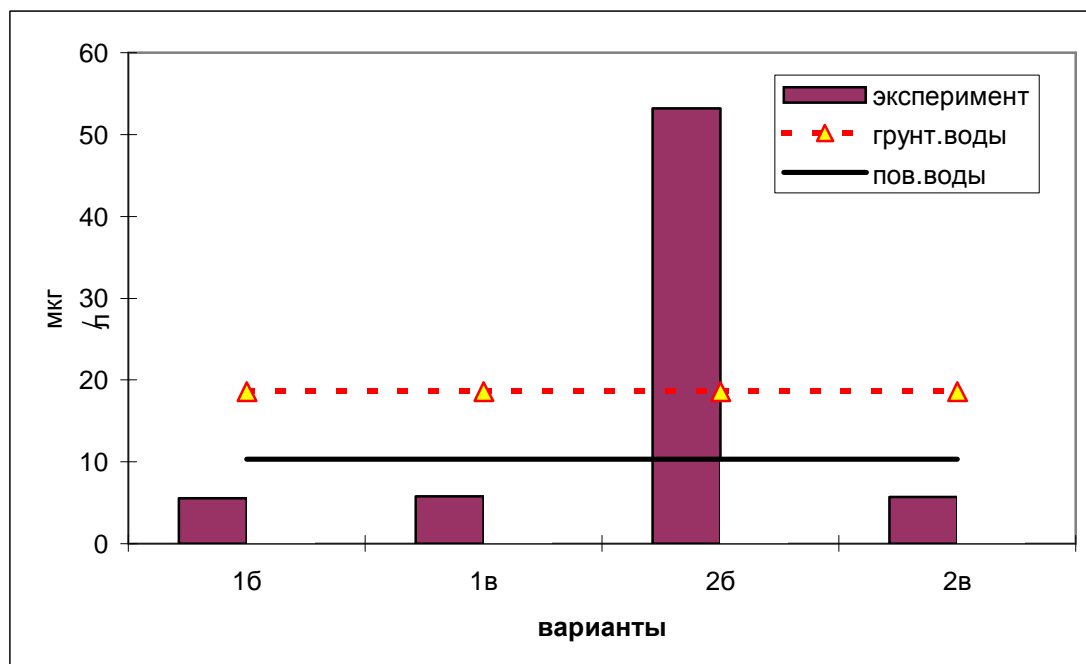


Рис. 2. Концентрация свинца в почвенных водах по вариантам эксперимента в сопоставлении со средними уровнями содержания в природных водах зоны воздействия РГРЭС

Наиболее существенной интегральной характеристикой экологического состояния и устойчивости любого ландшафта является его биопродуктивность. Как показано на рисунке 3, минимальная урожайность отмечена при отсутствии

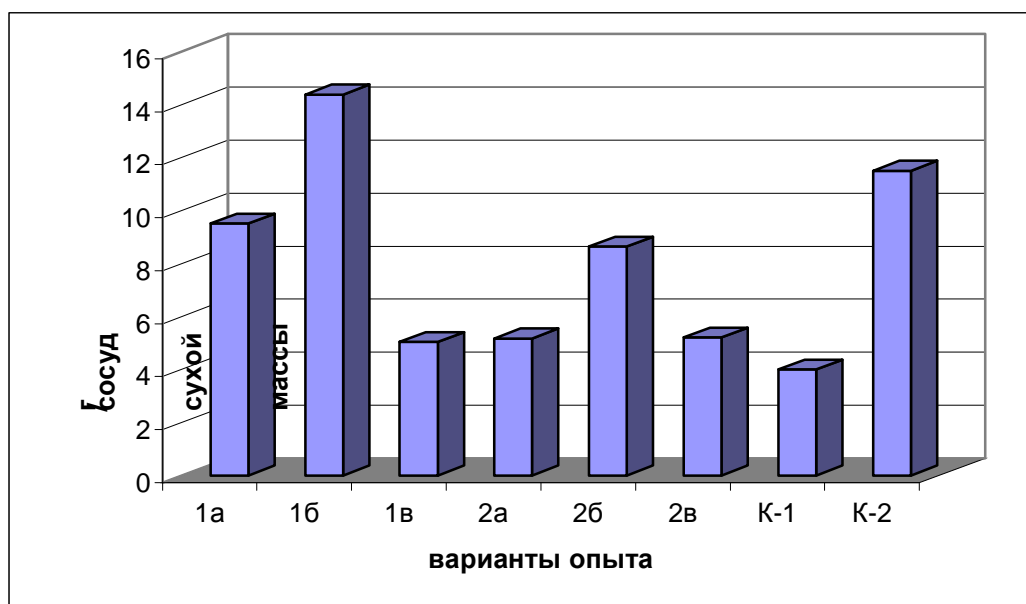


Рис. 3. Урожайность викоовсяной травосмеси в зависимости от приемов химмелиорации, условий орошения и загрязнения почвы ТМ

агромелиоративных мероприятий (вариант К1). На чистом контроле (К2) при отсутствии загрязнения тяжелыми металлами урожайность возростала втрое, но наибольшая урожайность зафиксирована в варианте 1б – при высоком уровне загрязнения почв ТМ, но в условиях последействия органического удобрения и при оптимальном водном режиме почвы вследствие применения орошения. Следовательно, наивысшая продуктивность викоовсяной травосмеси явилась следствием эффективности агромелиоративных приемов, что позволило получить высокий урожай и на загрязненной ТМ почве.

Таким образом, внесение повышенных доз навоза позволяет снизить угнетающее действие токсикантов и получить прибавку урожая в размере 5,5 г/сосуд, а дополнительное орошение – ещё почти 5 г/сосуд (рис. 4). В этой связи следует признать оросительные мелиорации одним из важных направлений реабилитации техногенно загрязняемых агроэкосистем.

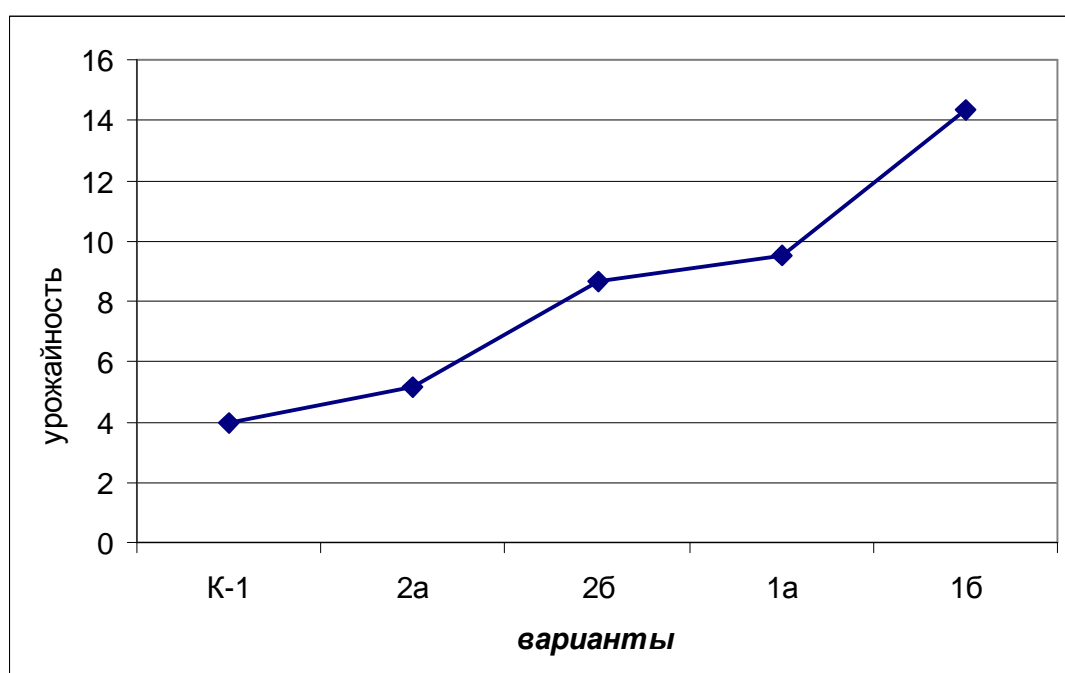


Рис. 4. Возрастание урожая викоовсяной травосмеси под влиянием агромелиоративных мероприятий при неизменном уровне загрязнения почвы ТМ

Примечание. Агромелиоративные приемы: 1а – внесение навоза; 1б – навоз + орошение; 2а – навоз + известь; 2б – навоз + известь + орошение; К-1 – только внесение ТМ

В то же время орошение во 2-м варианте опыта дает несопоставимо меньший эффект: урожайность оказывается почти вдвое ниже максимальной. Положительный эффект от орошения в варианте 2б снижается (главным образом) из-за высокой подвижности ТМ в почвенных водах (на рис. 5 это показано на примере свинца). Это ещё раз подтверждает взаимосвязь всех форм миграции элементов, а также свидетельствует о наличии благоприятных последствий иммобилизации токсикантов не только для экологического состояния природных вод, но также и наземной растительности.

Следует также подчеркнуть, что применяемые мелиоративные приемы не позволили избежать превышения ПДК свинца в фитомассе кормовых трав (рис. 5), что свидетельствует об ограниченности реабилитационных возможностей комплексных мелиораций. Мы полагаем, что в геохимических условиях центральной части Рязанского региона сельскохозяйственные угодья необходимо выводить из оборота при наличии в почве концентраций свинца на уровне 500 мг/кг (обеспечивалось дозой внесения Pb 4200 мг/сосуд).

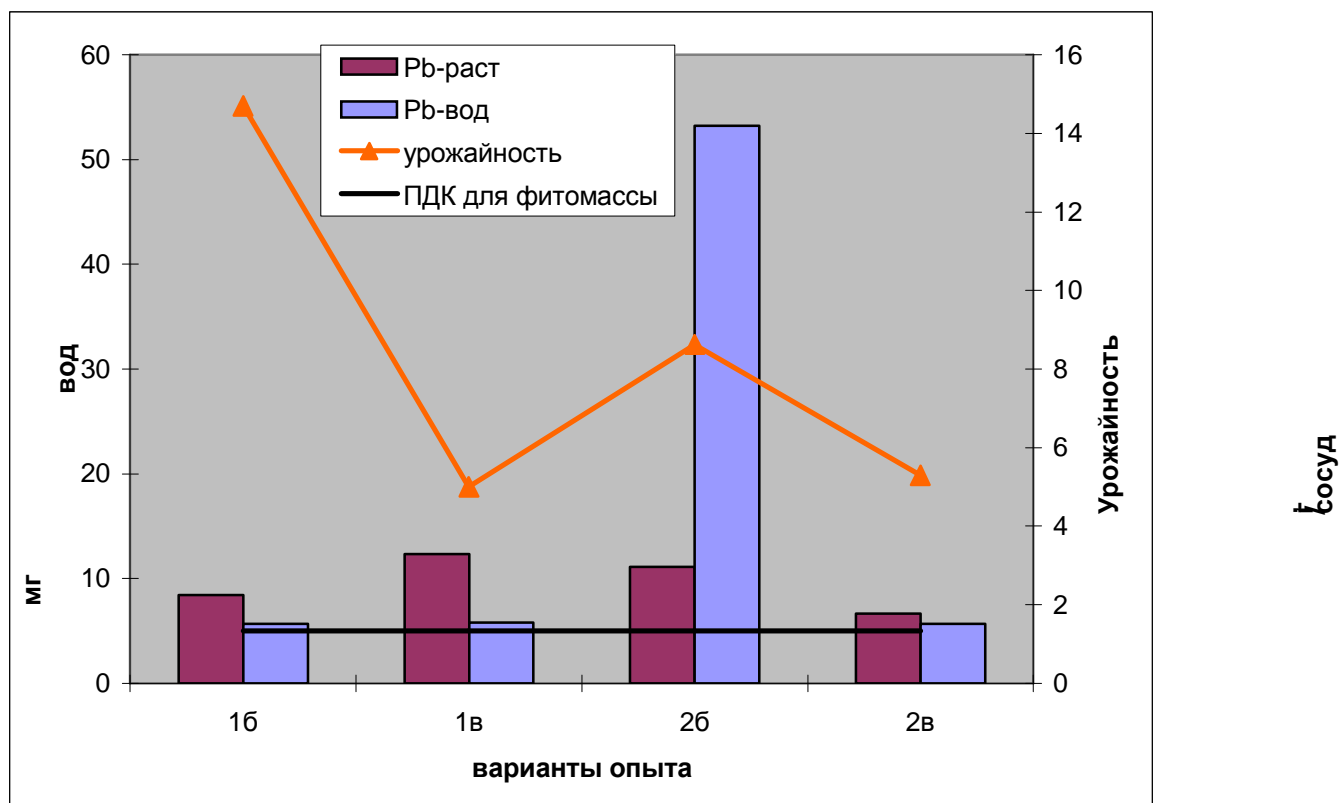


Рис. 5. Урожайность вико-овсяной травосмеси в сопоставлении с миграционными параметрами свинца по результатам эксперимента

Таким образом, проведенные исследования позволили предложить оптимальное направление эксплуатации сельхозугодий в условиях техногенного загрязнения тяжелыми металлами и оценить пределы применимости комплексных мелиораций как средства реабилитации агроландшафтов.

УДК 631.6

## ОСОБЕННОСТИ МЕЛИОРАЦИИ В УСЛОВИЯХ СЕМИАРИДНОЙ ЗОНЫ

Е.Б. Манусов, Н.Б. Манусова, М. Нудельман, М.В. Ашеровская  
 Центр экологических систем и технологий, Иерусалим, Израиль

Регион Ближнего Востока и Северной Африки по сути является колыбелью культурного земледелия. Выдающийся русский ботаник-растениевод и генетик



академик Н.И.Вавилов так писал в своей книге «Пять континентов»: «У подножия гор, из которых вытекает подземная речка Эздральона, мы обнаружили большие заросли дикой пшеницы в смеси с двурядным ячменем. Эта пшеница здесь имела вид резко отличный от той, которую мы собирали в Сирии. Колоски и колосья крупные, напоминающие культурную пшеницу, но с грубыми остями и с крупными зернами. Это уже по существу растение близкое к культурной пшенице. Нет никакого сомнения, что это ближний дикий родич культурных пшениц, особенно твердых. Уже само нахождение вместе с дикой пшеницей дикого ячменя показало, что Палестина входит в основную родину важнейших хлебных злаков – пшеницы и ячменя. Здесь и археологические документы свидетельствуют о наличии древнейшей культуры и основных эволюционных звеньев указанных культур. Сортовой состав культурных растений Палестины отражает много эндемичного. В заиорданских нагорьях помещается деревенская Палестина, где всегда были сосредоточены огромные посевы хлебных злаков» (с.140-143).

Этот регион исторически является первым в земной цивилизации регионом орошаемого земледелия. Орошаемое земледелие необходимо, однако оно вызывает загрязнение подземных вод пестицидами, а при использовании загрязненных подземных вод – тератогенез во флоре, фауне и, что самое опасное, в популяции людей. В таких регионах стратегия устойчивого развития должна обязательно включать стратегию тератогенной устойчивости. Тератогены- вещества, воздействие которых на организм приводит к аномалии в его развитии.

Стратегия защиты от тератогенеза должна включать следующие элементы (рис.1.): состояние окружающей среды (ОС), в которую входит подсистема водных ресурсов (ПВР). Информация о состоянии водных ресурсов поступает в систему водоснабжения (СВ), т.е. в систему подачи воды через которую поступает в социально-экономическую систему (СЭС). В СЭС условно выделена окружающая среда, которая является частью более высокого уровня социально-экономической системы. Информация о тератогенной ситуации сравнивается с предельно-допустимыми концентрациями, так называемых «тератогенных агентов», т.е. загрязнениями, которые могут вызвать тератогенез.

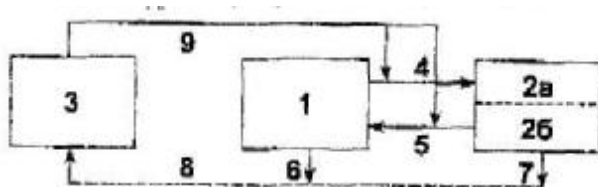


Рис. 1. Блок-схема стратегии устойчивого управления ресурсами пресной воды: 1- социально-экономическая система (СЭС); 2-окружающая среда (2а – экосистема, 2б - ресурсы пресной воды); 3 - подсистема поддержки принятия решений; 4-воздействие СЭС на окружающую среду; 5-изменение состояния водных ресурсов; 6-информация об изменении количества и качества питьевой воды, поступающей в СЭС; 7- информация об изменении запасов воды, пригодной для питья; 8- суммарная информация, позволяющая оценить взаимосвязь запасов и потребления питьевой воды; 9- управляющее воздействие с целью снижения негативного влияния СЭС на запасы питьевой воды и окружающую среду в целом

Существуют мероприятия и конкретные технические решения по снижению тератогенной опасности, реализованные в технологиях очистки воды (табл.1).

Таблица 1. Мероприятия по снижению тератогенной опасности

Тератоагенты	Источник	Принимаемые меры	Меры по отношению к пресной воде
Пестициды	Сельское хозяйство	Контроль пестицидов	Очистные системы
Ионы тяжелых металлов	Промышленность	Локальные системы очистки	
Патогенные микроорганизмы	Сточные воды	Системы очистки сточных вод	
Химические вещества	Промышленность, сельское хозяйство	Очистные системы	

Наиболее опасным тератогенным агентом являются пестициды. Очевидно, главным в обращении с пестицидами как ядохимикатами является их хранение и использование. Обработка с/х угодий весьма эффективна, но обязательно должна сопровождаться обеззараживанием смывных вод, образующихся при ирригации. При применении пестицидов необходимо как можно скорее их разложить. Для этого на него воздействуют фотохимическим способом. Обработанную смывную воду с сельскохозяйственных угодий пропускают через мощные UV-реакторы.

Для борьбы с ионами тяжелых металлов используют процесс химической очистки. Иногда используют электрохимические процессы. Весьма эффективно использовать селективные сорбционные материалы. Использование природных сорбентов позволяет проводить процесс очистки воды в экологическом режиме. В таблице 2 приведены результаты очистки загрязненной воды с использованием цеолитовой крошки.

Таблица 2. Результаты фильтрации загрязненной воды через цеолитовую крошку

№п/п	Загрязняющее вещество	Концентрация в исходной воде, мг/л	Концентрация после фильтрации, мг/л
1	Нефтепродукты	0,70	0,09
2	Хлориды	734,0	192,0
3	Сульфаты	100,0	43,7
4	Железо	2,97	0,52
5	Свинец	0,01	0,0025
6	Никель	0,01	0,0057
7	Цинк	0,11	0,046
8	Хром	0,015	0,01

УДК632.431

## **ПОТЕНЦИАЛ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ КАК ОСНОВА ГИДРОФИЗИЧЕСКОГО ПОДХОДА В ИССЛЕДОВАНИЯХ СОСТОЯНИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ВЛАГИ И ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВАХ**

Н.А. Муромцев

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, Россия

Многообразие природных факторов, воздействующих на состояние почвенной влаги и содержание в ней химических веществ, обуславливает необходимость использования в исследованиях сложных биоценологических систем, к которым относится и система «приземный воздух – растительный покров – почва – грунтовые воды», а также методов и подходов, применимых ко всем составляющим их частям. Интенсивное внедрение в исследования методов гидрофизики почв наблюдается с 50-х годов XX века. За истекший период были достигнуты весьма значительные успехи в развитии и усовершенствовании гидрофизического подхода в теоретическом и прикладном отношениях (Глобус, 1977; Воронин, 1984; Муромцев, 1991).

Термодинамическую гидрофизику почв следует рассматривать как теоретическую, методологическую и методическую основу для многих разделов почвоведения и мелиорации. Такое представление справедливо потому, что движение, накопление и трансформация многих природных субстанций осуществляются или непосредственно с водой (минеральные, органические и коллоидные вещества), или во многом определяются состоянием почвенной влаги (тепловые, электрические и магнитные поля). Физическая основа движения трех основных субстанций (влаги, тепло и химические вещества) одна и та же, а само их движение описывается феноменологическими законами. Состояние почвенной влаги (количество, активность, вязкость, подвижность, доступность для растений и другие) является фактором, в значительной степени определяющим протекание абсолютного большинства почвенных процессов. Отсюда, в частности, вытекает очень важное положение о том, что процессы движения, накопления и трансформации в почве влаги и химических веществ необходимо изучать совместно с использованием единой методологической основы, какой и является гидрофизический подход.

Под потенциалом почвенной влаги понимают работу, которую необходимо совершить посредством приложения извне сил для изотермического и обратимого переноса единицы массы или единицы объема свободной химически чистой воды с заданного уровня в почвенный раствор (Глобус, 1969; Муромцев, 1991).

На полный потенциал почвенной влаги влияют многие факторы. Величину суммарного (полного) потенциала при изотермических условиях в интегральной форме можно выразить через четыре составляющих его компонента:

$$/P_{\Pi}/ = P_{\kappa} + P_{oc} + P_{e} + P_{\Gamma}.$$

В этом уровне  $P_{\text{п}}$  - полный потенциал влаги при изотермических условиях;  $P_{\text{к}}$  - капиллярно-сорбционный потенциал (матричный), обусловленный свойствами твердой фазы почвы;  $P_{\text{ос}}$  - осмотический потенциал, вызванный наличием солей в почвенном растворе;  $P_{\text{е}}$  - потенциал внешнего газового давления (пневматический потенциал);  $P_{\text{г}}$  - гравитационный потенциал, связанный с относительным положением исследуемой почвы в поле тяжести земли.

Зависимость потенциала влаги от влажности  $P_{\text{п}} f(W)$ , называемая в гидрофизике почв - ОГХ (основная гидрофизическая характеристика), образует семейство кривых гиперболического типа, обусловленного уменьшением размера дренируемых пор при понижении потенциала (с учетом отрицательного знака потенциала). В условиях высокого содержания влаги (наименьшая влагоемкость - НВ и выше) потеря влаги первоначально происходит из наиболее крупных пор, суммарный объем которых в агрегированных почвах весьма значителен. В дальнейшем, при понижении потенциала, потеря влаги осуществляется из пор среднего и малого диаметра, силы удержания влаги в которых значительно выше, чем в порах крупного диаметра. По нашим данным (Муромцев, 1991) почва теряет около 0,3 объема влаги в интервале  $P_{\text{к}}$  от -3 до -30 кПа, а по данным других исследователей 0,25 всей влаги при  $P_{\text{к}} = -10$  кПа. По мере утяжеления гранулометрического состава функции  $P_{\text{к}} f(W)$  сдвигаются в системе координат в сторону большей влажности; что свидетельствует о возрастании дифференциальной влагоемкости (Муромцев, 1991).

Поскольку угол наклона ОГХ интегрально отображает влияние на  $P_{\text{к}}$  многих свойств твердой фазы почвы, была предпринята попытка для установления экспериментальным путем его зависимости от содержания физической глины, илистой фракции, обменных оснований и суммы пор. Полученные результаты показывают, что связь угла наклона ОГХ с содержанием ила, глины и обменных оснований в различных слоях аллювиальной суглинистой и дерново-подзолистой супесчаной почв опосредована и характеризуется небольшими значениями коэффициента корреляции (0,15-0,25). Такую низкую корреляционную связь можно объяснить тем, что в области высоких значений  $P_{\text{к}}$  угол наклона обусловлен главным образом геометрией порового пространства, суммой пор и их размерами. Действительно, коэффициент корреляции зависимости угла наклона от суммы пор составляет значения в пределах  $0,60 \div 0,85$ .

Важной энергетической характеристикой состояния почвенной влаги является дифференциальная влагоемкость - производная функция ОГХ ( $\Delta W/\Delta P$ ). Она характеризует энергетические затраты, производимые при извлечении из почвы единицы массы или объема воды. Общей закономерностью является прогрессивное уменьшение дифференциальной влагоемкости при понижении значений потенциала. При этом наиболее резкое и значительное ее снижение наблюдается в интервале потенциала  $-1 \times 10^2 \div -3 \times 10^2$  кПа (диаметр пор в пределах 3-1 мкм). Максимальное количество извлеченной из образца влаги наблюдается в интервале потенциала  $-7 \times 10^2 \div -15 \times 10^2$  кПа. В некоторых случаях наибольшее количество вытесненной воды имеет место в интервале потенциала  $-30 \div -50$  кПа (аллювиальная почва, слой 70-90 см). Это явление можно объяснить значительными скоплениями замещенного воздуха, «сдерживанием» дре-

нирования крупных пор из-за перекрытия их более мелкими порами, сила удерживания влаги в которых значительно выше по сравнению с силами удержания влаги в крупных порах.

Зависимость потенциала влаги от влажности в засоленных почвах имеют форму гиперболы даже в полулогарифмическом масштабе и аппроксимируются степенной функцией. Она приближена к гиперболе тем больше, чем выше содержание солей в почвенном растворе. При совместном взаимодействии на потенциал влаги, содержание солей и твердой фазы (ила) первые оказывают преимущественное действие на его величину в интервале влажности: полная влагоемкость (ПВ) – влажность завядания растений (ВЗ). Заметное влияние ила на потенциал начинает проявляться при снижении влажности за пределы наименьшей влагоемкости (НВ), а преимущественное действие – от ВЗ и ниже. При одинаковом гранулометрическом составе различных почв, но при существенно различном содержании солей в них, последние как бы «облегчают» гранулометрический состав, благодаря чему ОГХ сдвигаются в систему координат в сторону ординаты, т.е. к значениям меньшей влажности.

Зависимость потенциала влаги от температуры в интервалах высокого и среднего увлажнения почв выражены кривыми типа параболы и характеризуются термогистерезисом (Муромцев, 1981). При влажности, соответствующей НВ, и выше, влияние температуры на потенциал незначительно, но по мере уменьшения ее содержания до 0,7 НВ, термосоставляющая потенциала прогрессивно возрастает. Термогистерезис наблюдается во всем исследованном интервале температур ( $0 \div +36^{\circ}\text{C}$ ). В органогенных почвах влияние температуры на потенциал влаги заметно выше по сравнению с минеральными. При повышении ее значения от условного минимума до условного максимума значения потенциала повышаются, и наоборот, уменьшение температуры от максимума до минимума приводит к понижению потенциала (потенциал величина отрицательная).

Явление гистерезиса проявляется не только при сравнении ОГХ, полученных в условиях сорбции и десорбции почвенной влаги, но и при неоднократном повторении цикла «увлажнение – иссушение» почвы. Таким образом, обнаруживается явление гистерезиса десорбционной и, по-видимому, сорбционной ветвей ОГХ (Муромцев, 1987). Явление гистерезиса десорбционной ветки ОГХ обусловлено различной степенью насыщения водой порового пространства почвы восходящим потоком при повторном процессе увлажнения почвы после очередного ее иссушения. Различное количество аккумулированной влаги обусловлено разными объектами заземленного воздуха в тупиковых порах, связанного с неодинаковой скоростью вертикального подъема влаги и разными углами смачивания, зависящими от остаточной влажности. Существенное значение имеет и изменения геометрии порового пространства в процессе неоднократного увлажнения и иссушения.

#### Литература

1. Воронин А.Д. Структурно-функциональная гидрофизика почв. М.: Изд. МГУ, 1984, 204 с.
2. Глобус А.М. Экспериментальная гидрофизика почв. Л.: Гидрометеоздат, 1969, 355 с.
3. Муромцев Н.А. Влияние температуры на потенциал влаги и на доступность ее для растений // Метеорология и гидрология, 1981, №5. С. 92-98.

4. Муромцев Н.А. Множественность основной гидрофизической характеристики в режиме десорбции почвенной влаги// Доклад Всесоюзной конференции « Гидрофизические функции и влагометрия почв».Л.: 1987. С. 27-28.

5. Муромцев Н.А. Мелиоративная гидрофизика почв. Л.: Гидрометеиздат, 1991, 272 с.

УДК 631.417

## **ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ ПРИЕМОВ НА ОСУШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ**

Л.И.Петрова, Е.М.Корнеева, Р.А.Салихов  
ВНИИМЗ, Тверь, Россия

Особенностью системы обработки почвы на осушаемых землях является ее агромелиоративная направленность. В условиях адаптивно-ландшафтного земледелия обработку почвы следует рассматривать как важнейшее средство последовательного устранения таких лимитирующих факторов роста и развития культур, как избыточное увлажнение, локальный застой воды на полях, эрозийная опасность почв на склонах, чрезмерное уплотнение пахотного и подпахотного слоев, низкое потенциальное плодородие почв, задержка сроков начала весенне-полевых работ, высокая засоренность и зараженность полей вредными организмами, закамененность и другие.

Дифференциация приемов и способов обработки почвы зависит от возделываемых культур и ландшафтных условий, а также от наличия и типа работающих гидромелиоративных систем, вида предшественника, количества растительных остатков, фитосанитарного состояния почвы и т. д.

Культуры с мочковатой корневой системой (озимая и яровая пшеница, ячмень, овес и др.) слабо реагируют на глубокие обработки. При размещении их в зернотравяных и плодосменных севооборотах на высоких участках рельефа, особенно на чистых и слабозасоренных многолетними сорняками землях, глубину обработки можно уменьшать до 12-15 см. Растения со стержневой глубоко проникающей корневой системой (пропашные, клевер, горох, люцерна, рапс) хорошо отзываются на приемы глубокой обработки почвы.

При преобладании плодосменных и зернотравяных севооборотов, система обработки должна строиться на основе периодического чередования разноглубинных отвальных, чизельных и поверхностных обработок. В основе разноглубинной обработки почвы лежит периодическая вспашка с вырезными отвалами или двухъярусная вспашка один раз в 3 года в занятых парах, под пропашные и при подъеме пласта многолетних трав, а также на засоренных землях.

На легко- и среднегулинистых окультуренных почвах проведение одной трехъярусной обработки на 35-40 см и вспашки с вырезными корпусами на 30-32 см без перемешивания подпахотных слоев создает благоприятные условия для дальнейшей минимизации числа обработок и повышения урожайности озимой ржи на 4-5, картофеля на 20-25 ц/га.

На суглинистой почве чередование отвального лущения (на 10-12 см) или плоскорезной обработки на эту же глубину через 2-3 года со вспашкой (на 20-

22 см) обеспечивает повышение урожайности и снижение энергозатрат в 1,3-1,7 раза по сравнению с ежегодной вспашкой.

Система минимальной обработки почвы применима в первую очередь на оглеенных, глееватых хорошо дренированных окультуренных и незасоренных легких почвах.

Использование комбинированных машин и орудий с различными рабочими органами расширяет возможность минимизации, предотвращает нарушение дренажных систем и смыв почвы на эрозионных участках агроландшафта, позволяет снизить коэффициент интенсивности обработки до 0,45-0,55.

Минимальная обработка позволяет уменьшить число проходов агрегатов по полю в 2-4 раза, сократить сроки выполнения работ, повысить производительность труда в 1,5-2 раза, снизить энергозатраты. Уровень энергозатрат по мелким обработкам в 1,5-1,9 раза ниже, чем по вспашке на 20-22 см. При уменьшении глубины основной обработки слабооглеенной легкосуглинистой почвы под зерновыми культурами с 20 до 10-12 см общая стоимость работ в расчете на 1 га снижается на 30-40 %.

Однако действие различных видов обработок на продуктивность культур в агроландшафтах было неравнозначным. По урожайности зерновых в зависимости от вариантов обработки почвы существенных различий не было. Урожай картофеля при чизельной обработке почвы на южном склоне и вершине с более легкими почвами был выше на 10-15 % или на 22-30 ц/га, а на северном склоне с более тяжелыми почвами отмечено некоторое его снижение. При возделывании льна в нижней части северного склона на среднесуглинистой почве на варианте с отвальной обработкой, по сравнению с чизельной, урожай льно-соломки был выше на 7 ц/га (17 %), льносемян - на 1,2 ц/га (23 %) за счет резкого снижения засоренности посевов, увеличения густоты стояния растений на 19 %, высоты растений на 7-8 см. Изменение урожайности культур по вариантам обработки почвы позволяет снизить ее амплитуду, особенно на южном склоне с супесчаными почвами под зерновые, картофель.

Замена вспашки на 20-22 см менее энергоемким ступенчатым чизелеванием не оказала отрицательного влияния на агрофизические показатели почвы и обеспечивала при этом более длительное сохранение плотности почвы в режиме оптимальной, включая сложные участки агроландшафта.

Применение разреженного (через 100 см) чизелевания на глубину 35-40 см совместно с приспособлением ПСТ-2,5 на низких участках рельефа (транзитный, транзитно-аккумулятивный микроландшафты), разрушая плужную подошву и уплотненные подпахотные слои, значительно улучшало их водно-воздушные свойства и способствовало отводу избыточной влаги в дренажную систему. Применение такой обработки позволяет сохранить высокую несущую способность почвы и тем самым создает условия для начала полевых работ весной на 5-7 дней раньше, чем обычная вспашка на 20-22 см.

На склоновых землях с уклоном 2-5<sup>0</sup> целесообразна система основной обработки почвы, включающая безотвальную разноглубинную, чизельную или минимальную с мульчированием, снижающую интенсивность вещественно-энергетических потоков. На повышенных участках рельефа на легких почвах,

под зерновые культуры достаточно проведение чизелевания совместно с пассивным фрезерованием. Под яровые культуры этот способ можно использовать при обработке стерневых фонов после культур сплошного сева. Большой почвозащитный эффект на эрозионно опасных участках ландшафта дает применение комбинированной вспашки почвы поперек склона. Особенность этой обработки заключается в возможности одновременной нарезки валиков (гребней) высотой 10-12 см и почвоуглублении на 10-15 см ниже глубины вспашки. При применении такого почвообрабатывающего орудия создается гребнистая вспашка с рыхлением подпахотного горизонта с сохранением стерни на поверхности вспаханной почвы между гребнями через 110-120 см. Комбинированная вспашка позволяет более чем в 2 раза уменьшить смыв почвы, сократить потери питательных веществ с продуктами эрозии и повысить урожайность зерновых культур на 2-5 ц/га.

На низких участках рельефа с плохой водопроницаемостью почвы система обработки должна строиться на основе сочетания мелких обработок (лемешное лущение на 10-12 см) с глубоким чизелеванием с разрежением на 35-40 см или основную обработку почвы переносить на весну. На плохопрогреваемых тяжелых глинистых участках агроландшафта целесообразно применять гребневую и грядовую системы обработки почвы.

Мелкая и безотвальная обработка недопустимы при сильном засорении полей многолетними сорняками, а также при некачественной уборке парозанимающих культур.

Многовариантность обработок для осушаемых и периодически переувлажняемых почв гумидной зоны предусматривает, кроме перечисленных выше, ряд дополнительных агромелиоративных приёмов: эксплуатационную планировку полей, глубокое рыхление, кротование, щелевание, нарезку гребней и гряд, выборочное бороздование и др., основным назначением которых является оптимизация водно-воздушного режима избыточно увлажнённых почв и расширение границ адаптации культур.

При выраженном микрорельефе планировка и выравнивание поверхности осуществляется под все культуры вне зависимости от гранулометрического состава (глинистые, суглинистые, супесчаные). Проведение этого приема на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах обеспечивало повышение урожайности озимой ржи на 7-10 %, яровых зерновых до 12-15 %.

Выборочное бороздование применяют на участках с выраженным микрорельефом при наличии бессточных понижений глубиной 30 см, оно проводится после зяблевой вспашки, а на озимых культурах сразу после сева.

В агроландшафтах, почвы которых сформированы на средне- и тяжелосуглинистых покровно-моренных отложениях, а также маломощных двучленах, необходимо применять узкозагонную вспашку. На безуклонных элементах рельефа на глинистых и суглинистых почвах с низким коэффициентом фильтрации наиболее эффективны узкозагонная вспашка и профилирование поверхности.

Зяблевую обработку суглинистых и глинистых почв с коэффициентом фильтрации менее 0,3 м/сутки (за исключением почв, сформированных на тяжелых ленточных глинах, где глубокое рыхление неэффективно) следует дополнять глубоким рыхлением. Прирост урожая зерновых культур от мелиора-



тивного рыхления в среднем за 9 лет на слабооглеенных почвах составил 1,0-2,3 ц/га, глееватых 3,0-5,8, глеевых 3,7-6,5. Применение этого приема выводило глееватые почвы по продуктивности на уровень слабооглеенных, а глеевые - на уровень глееватых без рыхления, что говорит о возможности включения этих почв при определенных условиях в одну технологическую группу.

УДК 626.87:33

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ И ТЕХНОЛОГИЙ**

П.И. Пыленок

МФ ГНУ ВНИИГиМ, Рязань, Россия

Современные методические подходы к оценке экономической эффективности, разработанные во ВНИИГиМ применительно к мелиорации (Райнин и др., 1999), основаны на использовании чистого дисконтированного дохода (ЧДД), что позволяет учесть разновременные затраты и результаты. При этом используется понятие общественной эффективности. Оценка общественной эффективности мероприятий производится путем экономико-математического моделирования, которое в конечном итоге сводится к формализованному представлению и анализу распределенных во времени затрат и результатов, а также к экспертному анализу технологических, экономических, экологических и других аспектов эффективности. Оценка эффективности каждого варианта производится независимо от других вариантов, что является ее несомненным преимуществом. Дисконтированный интегральный эффект определяется по зависимости (Методические рекомендации..., 2002):

$$\mathcal{E} = \sum_1^T \mathcal{E}_t = \sum_1^T (R_t - Z_t) \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}$  и  $\mathcal{E}_t$  – соответственно интегральный (ЧДД) и пошаговый эффект в расчетном периоде  $T$ ;  $E$  – норма дисконта (для мелиоративных природоохранных мероприятий может быть принята равной 0,06);  $R_t$  – экономический результат на момент времени  $t$ ;  $Z_t$  – затраты на тот же момент времени.

Разработанные нами водооборотные мелиоративные технологии обеспечивают экономию водных ресурсов за счет повторного использования для полива дренажных вод и отказа от забора природных вод, а также применения природоохранного режима орошения снижают степень загрязнения природных водоемов дренажными водами. При этом эффективно утилизируются биогенные вещества, растворенные в дренажных водах.

Об относительной эффективности водооборотных технологий в натуральных показателях по сравнению с осушительно-увлажнительными системами можно судить по данным таблицы 1. По данным полевых опытов применение природоохранного режима увлажнения обеспечивает экономию от 3 до 18 м<sup>3</sup> оросительной воды на тонну картофеля. Экономия воды от применения проектных природоохранных режимов увлажнения равна 4 ...16 м<sup>3</sup>/т для картофеля и 3 ...11 м<sup>3</sup>/т для капусты (табл.2).

Таблица 1. Экономия водных ресурсов от применения водооборотных мелиоративных технологий

Технологии	Экономия водных ресурсов, тыс. м <sup>3</sup> в год
Полноводооборотная («Пойма», 12 га)	15...20
Полуводооборотная с прудом-накопителем («Пра-6», 66 га)	40...90
Полуводооборотная с незамкнутым циклом и каналом-накопителем («Вожа», 100 га)	30...80

Таблица 2. Экономия водных ресурсов от применения природоохранного режима увлажнения

Расчетная обеспеченность, %	Сокращение расхода оросительной воды на единицу продукции, м <sup>3</sup> /т	
	картофель	капуста
50	4...6	3...4
75	8...10	5...7
85	8...10	6...8
95	12...16	9...11

Расчет общественной эффективности исследуемых водооборотных мелиоративных технологий, реализованных с помощью разработанных нами конструкций полно- и полуводооборотных осушительно-увлажнительных систем с замкнутым и незамкнутым водооборотным мелиоративным циклом (ВМЦ), выполнен относительно осушительно-увлажнительного мелиоративного процесса (контроль).

Экономический результат включает стоимость дополнительной сельскохозяйственной продукции (от использования растворенных в дренажной воде биогенов и микроэлементов), экономию экологических платежей, стоимость сэкономленных минеральных удобрений. Затраты включают стоимость создания и эксплуатации специальных сооружений для реализации ВМЦ (пруд-накопитель, канал-накопитель, гидроавтоматы и др.), дополнительные сельскохозяйственные издержки, плату за сброс части дренажных вод в полуводооборотных системах (табл.3).

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 ( $T_{ок} \rightarrow \min$ ).

Результаты расчета, приведенные в табл. 4, показывают, что водооборотный мелиоративный цикл, реализованный в изучаемых технологиях и конструкциях систем, является эффективным. Окупаемость инвестиций не превышает 3 лет.

Наиболее эффективным вариантом является полуводооборотная технология, реализуемая в системе с каналом-накопителем дренажных вод («Вожа»), благодаря наименьшим удельным капитальным вложениям.

По снижению эффективности изучаемых технологий они располагаются в следующий приоритетный ряд (рис. 1)

Таблица 3. Исходные данные для расчета интегрального экономического эффекта по вариантам водооборотной технологии

Показатели	Варианты водооборотных технологий -систем			Осушительно-увлажнительный мелиоративный процесс (контроль)
	Полноводооборотная - «Пойма»	Полуводооборотная с ЗМЦ и прудом-накопителем - «Пра-6»	Полуводооборотная с НМЦ и каналом-накопителем - «Вожа»	
Площадь, га	12	55	130	100
Удельный объем водозабора природных вод, м <sup>3</sup> /га	0	0	0	1500
Ставка платы за водозабор в пределах установленных лимитов, руб/тыс.м <sup>3</sup>	184	184	184	184
Платежи за водопользование, руб: всего/на 1 га	0/0	0/0	0/0	2760/276
Ставка платы за сброс дренажных вод при $C \leq ПДК$ , руб/тыс.м <sup>3</sup>	33,8	33,8	33,8	33,8
Удельный сброс дренажных вод, м <sup>3</sup> /га	0	300	500	1800
Платежи за сброс, руб: всего/на 1 га	0/0	558/10,1	2197/16,9	6084/60,8
Доп. капитальные затраты на строительство, руб: всего/на 1 га	Коллектор 59200/4933	Пруд-накопитель 771400/14025	Канал-накопитель 77700/598	0/0
Доп. эксплуатационные затраты, руб/га в год	2900/242	17300/315	9700/75	0/0
Стоимость доп.с.х.продукции, руб/га в год	2580	4520	2270	0
Экономия удобрений за счет использования биогенов дренажных вод, руб/га	170	230	210	0
Доп.с.х. издержки, руб/га	75	110	65	0
Экономия платежей за водопользование, руб: всего/на 1 га	3312/276	15180/276	13800/276	нет
Экономия платежей за сброс, руб, всего/на 1 га	730/60,8	2788/50,7	5707/43,9	нет

Таблица 4. Результаты расчета интегрального экономического эффекта по вариантам водооборотных технологий

Шаг расчета	ЧДД по вариантам водооборотных технологий–систем, руб/га		
	Полно-водооборотная - «Пойма»	Полуводооборотная с замкнутым ВМЦ и прудом-накопителем - «Пра-6»	Полуводооборотная с незамкнутым ВМЦ и каналом-накопителем - «Вожа»
1-й год	-2041	-8852	1929
2-й год	424	-4719	4281
3-й год	2750	-822	6500
4-й год	4944	2855	8594
5-й год	7014	6323	10569
6-й год	8967	9595	12432
7-й год	10809	14232	14190
8-й год	12547	17144	15843
9-й год	14186	19891	17407
10-й год	15727	22483	18883

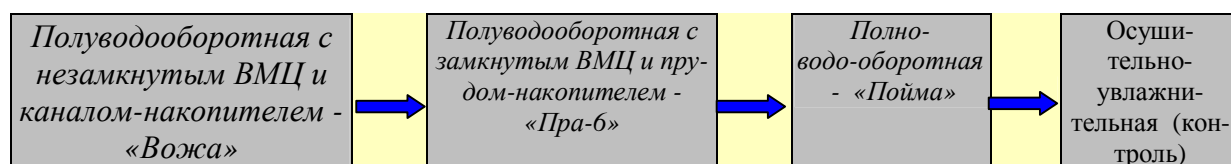


Рис. 1. Приоритетный ряд эффективности водооборотных мелиоративных технологий - систем

Эти данные позволяют сделать вывод, что в условиях существующего уровня платы за сброс дренажных вод, предпочтительнее использовать «мягкие» варианты очистных мероприятий. Более капиталоемкие мероприятия могут быть востребованы и экономически оправданы при возрастании экологических платежей.

#### Литература

1. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель (РД-АПК 3.00.01.003-03). - М.: 2002. – 133 с.
2. Райнин В.Е., Быстрицкая Н.С. Теоретические основы экономической оценки мелиоративных мероприятий//Мелиорация и водное хозяйство, 1999, №5, с.33-34.

УДК 631.6

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА КОМПЛЕКСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ

П.И. Пыленок, И.В.Сидоров, В.Н. Сельмен.  
МФ ГНУ ВНИИГиМ, Рязань, Россия

Эффективность мелиоративных мероприятий повышается при их комплексном использовании и адаптации к природным условиям. Для восстанов-

ления природно-ресурсного потенциала деградированной аллювиальной почвы в 2003-2004 г.г. изучался мелиоративный комплекс, включающий осушение, увлажнение, микробиологические удобрения и применение улучшенного посадочного материала, полученного методом меристемной культуры.

Исследования проводились в полевом деляночном опыте на осушаемой аллювиальной дерново-глеевой почве под культурой картофеля (сорта «Луговской» и «Жуковский ранний»). Конструкция мелиоративной системы на участке «Пойма» (земли ОПХ «Полково» Рязанской области) обеспечивала повторное использование дренажных вод на увлажнение из канала-накопителя 1-С (рис. 1). В опыте изучались четыре варианта: природоохранный режим увлажнения (ПРУ), природоохранный режим увлажнения на фоне микробиологических удобрений (ПРУ+ЭМ), режим увлажнения в критические фазы роста (УКФ)<sup>1</sup> и контроль без увлажнения. Общая площадь под картофелем составила 162 м<sup>2</sup>, площадь учетной делянки – 4,2 м<sup>2</sup>. Посадка осуществлялась клубнями супер-элитной репродукции, норма высадки 2,5 т/га, схема посадки 0,7\*0,25 м. Ошибка опыта при четырехкратной повторности составила 8,4%

На опытно-производственном участке проводились метеорологические, фенологические, водорегимные, гидрохимические (поверхностных вод, грунтовых вод, атмосферных осадков), гидрофизические (рН-индекс, электропроводимость, окислительно-восстановительный потенциал) и агрохимические (гумус по ГОСТ 26213-91, рН по ГОСТ 26483-85, фосфор и калий по ГОСТ 26207-91) наблюдения и измерения по стандартным и оригинальным методикам (Пыленок, Сидоров, 2004).

Опытный участок длительно использовался под монокультурой кукурузы, поэтому пахотный горизонт среднесуглинистого гранулометрического состава слабо оструктурен, оглеение различной степени интенсивности начинается с глубины 30 см. Содержание гумуса 1,9%, фосфора 20,3, калия 9 мг/на 100г почвы, рН среды 5,3. Плотность в слое 0...30 см изменяется в пределах 1,31...1,45 г/см<sup>3</sup>, что характеризует почву как среднедеградированную (Роскомзем, 1996).

Основная обработка почвы проводилась осенью. Весной проводилось дискование в два следа, боронование, внесение минеральных удобрений из расчета N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Применение современных приборов (многоканальный измеритель СВ-570 для определения температуры, рН-индекса, редокс-потенциала, электропроводимости и растворенного в воде кислорода; комплект тензиометров MF-120 для отбора почвенной влаги), а также компьютерной техники для обработки и анализа материалов исследований обеспечило необходимый объем и достоверность опытных данных.

В варианте ПРУ+ЭМ перед посадкой проводили замачивание клубней картофеля в растворе ЭМ-1, представляющем собой композицию из фотосинтезирующих, азотфиксирующих, молочнокислых бактерий, дрожжей и ферментов. Концентрация раствора 1:500, время замачивания – 2 часа. Внесение вместе с поливной водой осуществлялось из расчета 2 мл ЭМ-препарата на 1 м<sup>2</sup> площади, проводилась также 4-кратная внекорневая подкормка картофеля.

---

<sup>1</sup> В 2003 г. вместо УКФ изучался традиционный режим увлажнения (ТРУ).

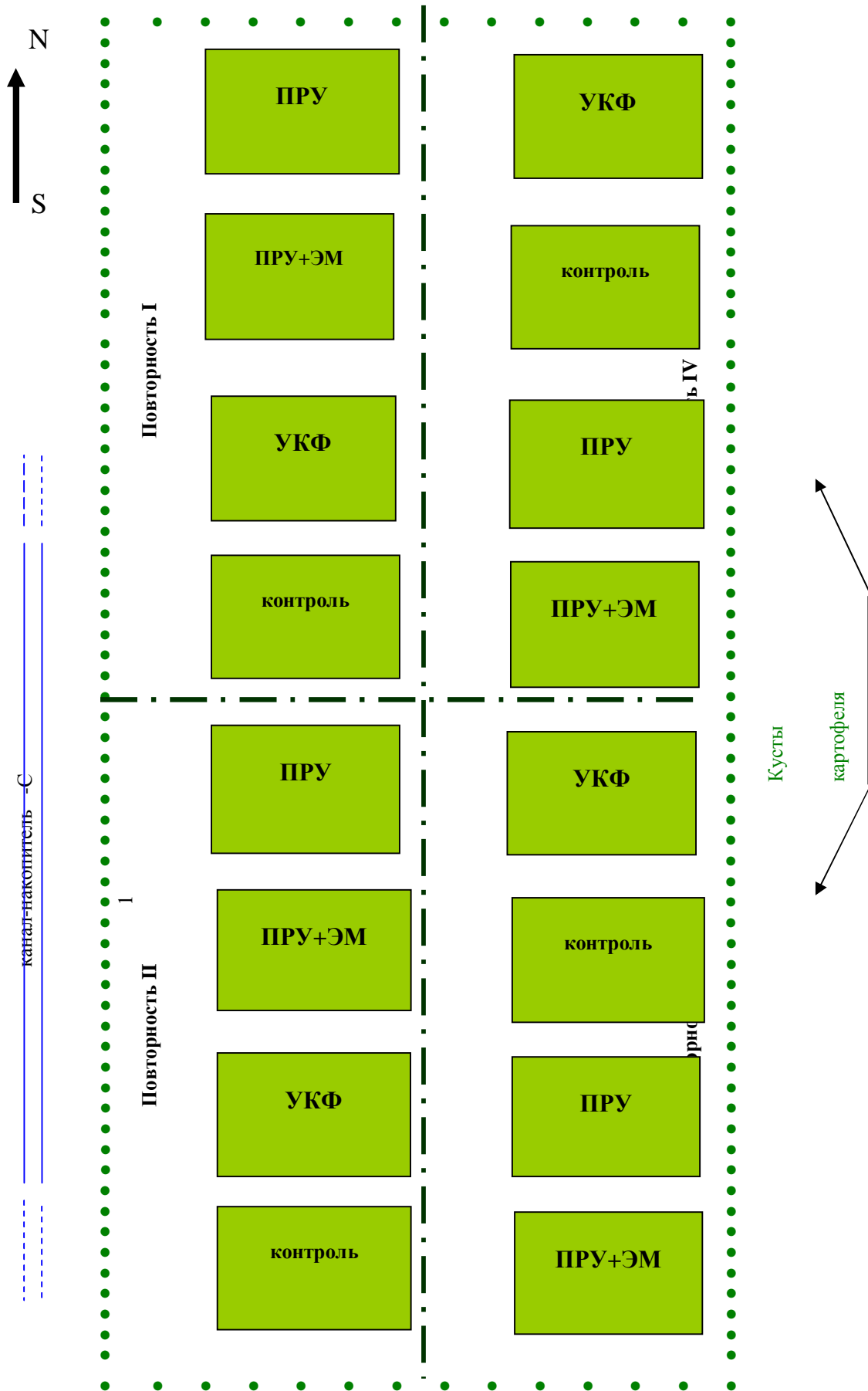


Рис.1. Схема полевого деляночного опыта с картофелем

С целью сокращения числа поливов, нормы увлажнения и расхода воды на единицу продукции в варианте ПРУ нижний и верхний пороги регулирования влажности почвы снижены на (0,1...0,2)НВ по сравнению с вариантом ТРУ, а в варианте УКФ полив планировался только в фазу «начало бутонизации – конец цветения». Обоснование такого подхода сделано нами ранее (Пыленок, Сидоров, 2004).

Поддержание более низкого предполивного порога влажности почвы в варианте ПРУ позволило в условиях среднезасушливого вегетационного периода 2003 г. снизить норму увлажнения на 57...72 мм, уменьшить число поливов с четырех до двух-трех (табл.1) по сравнению с вариантом ТРУ. В условиях близкого к среднему по тепловлагообеспеченности вегетационного периода 2004г. полив картофеля не потребовался.

Таблица 1. Режим увлажнения картофеля в полевом опыте (2003 г.)

Варианты опыта	Поливная норма по датам полива, мм					Норма увлажнения, мм
	11.07	23.07	25.07	30.07	6.08	
ПРУ+ЭМ	-	-	20	20	-	40
ПРУ	-	-	20	20	15	55
ТРУ	20	35	-	30	27	112

Применяемые для увлажнения дренажные воды характеризовались благоприятной реакцией среды ( $pH = 6,4...7,0$ ), восстановительным режимом, повышенными концентрациями аммиачного азота и фосфора. Электропроводимость этих вод изменялась от 300 до 315 мкС/см<sup>2</sup>. Отмечалось снижение концентрация биогенных элементов в дренажных водах в процессе их утилизации.

Эффективность микробиологических удобрений оценивалась по целлюлозоразрушающей активности при экспозиции (3 месяца) стеклов с батистовой (2003 г.) или льняной (2004 г.) тканью в пахотном горизонте. В варианте ПРУ+ЭМ степень разложения составила в среднем 83% (рис.2), что существенно выше, чем в других вариантах. В условиях 2004 г. этот показатель в варианте ПРУ+ЭМ (80,5%) был на 19,4% выше, чем в варианте ПРУ(61,1%).

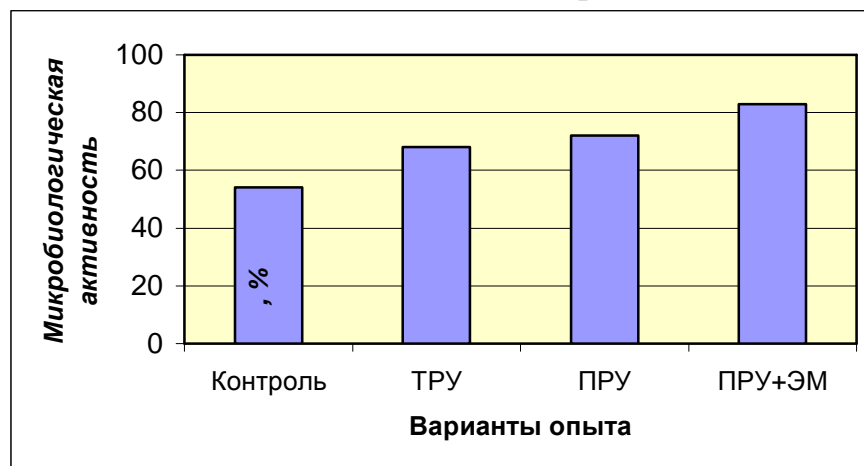


Рис. 2. Микробиологическая активность почвы в полевом опыте 2003 г.

В опытах тестировалась прибавка урожая от изучаемых факторов, включая и применение ЭМ-препарата, но размер ее оказался несущественным на фоне высокой биопродуктивности от 30 до 40 т/га в вариантах в 2003г (табл.2) и от 19 до 23 т/га в 2004 г.

Таблица 2. Урожайность картофеля по вариантам опыта, т/га (2003 г.)

Варианты опыта	Повторности				Среднее значение	Примечание
	1	2	3	4		
ПРУ+ЭМ	38,7	35,2	35,5	40,3	37,4	F <sub>φ</sub> =0,3 меньше F <sub>05</sub> =4,26
ПРУ	37,4	32,2	36,0	35,5	35,3	
ТРУ	33,9	38,4	34,9	30,1	34,3	
Контроль	38,0	31,5	31,9	33,4	33,7	

Ресурсоемкость изучаемых технологий оценивалась по расходу оросительной воды на единицу продукции. Наиболее эффективным по этому показателю оказался вариант ПРУ+ЭМ (рис. 3), в котором расход оросительной воды был минимальным 10,7 м<sup>3</sup>/т, что в 1,5 и 3 раза меньше, чем в вариантах ПРУ и ТРУ соответственно.

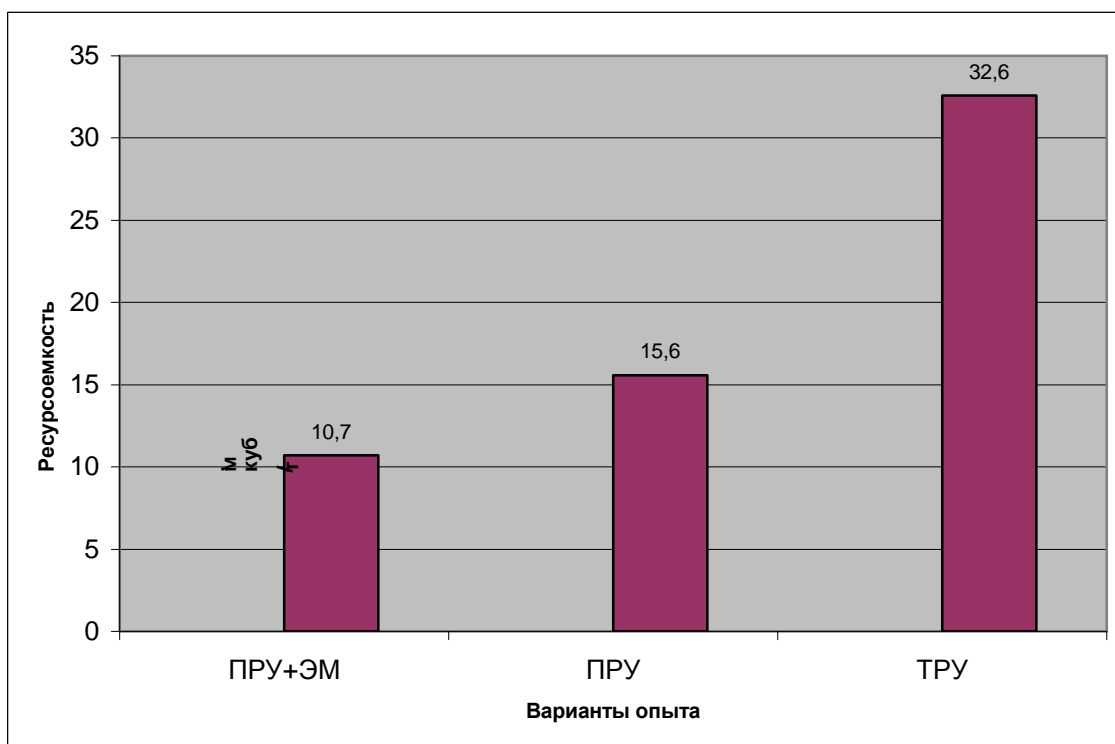


Рис. 3. Ресурсоемкость различных вариантов увлажнения в полевом опыте

Природоохранный режим комплексной мелиорации деградированной аллювиальной почвы обеспечил высокую продуктивность мелиорируемого агроландшафта, повышение микробиологической активности почвы на 11...19% и



снижение удельного расхода воды на единицу продукции в 2...3 раза при исключении сброса дренажных вод в природные водоемы и водозабора из них.

Литература

1. Пыленок П.И., Сидоров И.В. Природоохранные мелиоративные режимы и технологии. – М.: Россельхозакадемия, 2004. – 323 с.
2. Руководство по определению потенциального плодородия и уровня его использования по почвам пашни центрального района России с целью их охраны, предотвращения деградации. – М., Роскомзем, 1996.

УДК 631.618:502.65

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРИЕМОВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОЧВ ГОРОДОВ**

Р.А. Сямиуллин, С.Н.Брылев

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Одним из важнейших показателей степени антропогенного загрязнения города является санитарное состояние почвы как в самом городе, так и в его пригородах. Почва, как важнейшая ключевая среда наземных экосистем, отражает уровень многолетнего антропогенного воздействия на окружающую среду в целом.

Особенностью загрязнения почв крупных промышленных городов является накопление в них сложной многокомпонентной смеси химических веществ различной природы, среди которых ведущее место занимают тяжелые металлы, и биологическое загрязнение почв, что вызывает существенное изменение их свойств, не соответствующих зональным природным условиям. Почва может также стать источником вторичного загрязнения атмосферного воздуха, водоемов и растений.

Актуальным становится вопрос экологической реабилитации таких почв путем проведения комплекса мероприятий, направленных на восстановление параметров почвы и приведение ее в состояние, гарантирующее безопасность жизни и здоровья человека и обеспечивающее стабильное функционирование природных экосистем.

Одним из мероприятий, направленных на реабилитацию загрязненных почв, может являться применение некоторых мелиоративных приемов, хорошо зарекомендовавших себя в сельскохозяйственном восстановлении земель, к числу которых относятся промывки загрязненных земель и их химическая мелиорация.

Промывки почв применяют для удаления из них водорастворимых солей легких и тяжелых металлов и проводят путем подачи воды в объеме, позволяющем переместить поллютанты за пределы активного слоя и вынести их с дренажной водой. Для эффективной промывки почв и грунтов необходимо обеспечить в слое почвогрунтов нисходящие скорости фильтрации промывных вод, что достигается с помощью устройства дренажа.

Для промывок применяют два режима подачи воды: непрерывное (на почвах и грунтах с хорошей водопроницаемостью) - путем поддержания на поверхности почвы определенного слоя воды и прерывистое затопление (на почвах и грунтах с низкой водопроницаемостью), заключающееся в поддержании слоя воды на поверхности почвы с промежутками в несколько дней.

Промывают загрязненные земли по чекам, по цепочкам чеков, полосовым затоплением, боковой промывкой, а также дождеванием. Для повышения эффективности промывок в загрязненные земли могут вноситься химмелиоранты, которые повышает подвижность поллютантов, сокращая при этом время промывки и объем промывной воды.

Химическая мелиорация загрязненных почв может осуществляться путем их известкования или внесения в них сорбентмелиорантов. Защитное реабилитирующее действие известки направлено на снижение ярко выраженной токсичности почв тяжелого механического состава, обладающих повышенной кислотностью.

Целью внесения известки ( $\text{CaCO}_3$ ) является изменение pH почвы, в результате чего происходит комплекс позитивных изменений в почвенной системе на разных уровнях – физическом, химическом и биологическом: увеличивается емкость поглощения катионов, усиливается процесс поглощения тяжелых металлов микроорганизмами и улучшается структура почв. Нормы внесения известки определяют по величине pH почвы.

Известкование проводят в процессе глубокой вспашки или глубокого рыхления; не рекомендуется проводить известкование на почвах с высоким содержанием в них хрома и низким содержании органического вещества. Периодичность проведения известкования зависит от свойств почвы и колеблется в пределах от 5 до 8 лет.

Внесение сорбентмелиорантов в почву повышает сорбционную способность почв в отношении загрязняющих веществ и, тем самым, снижает способность их миграции в почвенные и грунтовые воды. Косвенным действием таких мелиорантов является создание водопрочной структуры, удерживание питательных элементов, повышение эффективности известкования и увеличение буферности почв при воздействии на них кислых осадков и тяжелых металлов. Для каждого типа почв и условий загрязнения рекомендуется использовать свою модификацию сорбентмелиоранта.

Сорбентмелиорантами являются все природные и искусственные вещества, имеющие большую величину емкости катионного обмена (170-190 мг.экв на 100 г. вещества) и способные при внесении в почву поглощать из раствора катионы и анионы тяжелых металлов, радионуклидов и т.п. Сорбентмелиоранты могут применяться на любых почвах, но особенно эффективно их использование на кислых почвах, бедных органическими веществами.

Для обработки 1 га земель требуется от 5000 до 20000 кг сорбентмелиоранта (в зависимости от состава загрязнителей и степени загрязнения); наиболее благоприятным временем для его внесения является весенний период. В качестве составляющих сорбентмелиорантов рекомендуется использовать цео-

литы, бентонитовые глины, угольную пыль, активированный уголь, торф, сапропель, лигнин.

Проведение экологической реабилитации городских почв, отведенных под парки, скверы и газоны, рассмотренными мелиоративными приемами позволяет предотвратить поступление загрязняющих веществ в грунтовые и поверхностные воды, атмосферный воздух, значительно повысить эффективность функционирования зеленых насаждений, что способствует улучшению экологической обстановки в городе в целом.

Литература

1. Систер. В.Г. Экологическое состояние городских территорий. АКХ, М. 2003
2. Шумаков Б.Б. Рекомендации по очистке и восстановлению земель в зоне влияния городских свалок. ГНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, М 1993

УДК 626:631

## **ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСОБРАЗНОСТИ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАНИМАЦИИ НАРУШЕННЫХ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

А.Н. Уланов

ОНО «Кировская лугоболотная ОС» ВНИИКормов, Киров, Россия

В конце 19-го, начале 20-го столетия многие исследователи отмечали острую необходимость осушительных мелиораций. В частности, выдающийся мелиоратор И.И.Жилинский (1881г) указывал на своеобразное болотное брожение, сопровождающееся выделением многочисленных миазмов, вредных для здоровья человека и животных. Особенно, как отмечал он, печальную известность в то время получило население Белорусского Полесья, страдающее чисто местной болезнью (слабоумием и колтуном), возникающей в результате болотных испарений.

Активно-наступательный процесс освоения болот, начавшийся со середины прошлого столетия и повсеместно продолжающийся в настоящее время привел к тому, что, например, в западной части Европы, включая и Россию, почти не осталось более или менее значимых болотных ценозов, функционирующих в естественном состоянии. Многие торфяные месторождения скоротечно (40-60 лет) и практически бесследно исчезли из ландшафтов, особенно там, где производилась промышленная торфодобыча. Безвозвратно потеряны огромные естественные хранилища азота, углерода, пресной воды. Резко изменившийся гидроклиматический режим территорий и общая экологическая обстановка вынуждает иначе взглянуть на биосферную роль болотных образований и прежде всего там, где они еще случайно сохранились. В этой связи в некоторых странах уже на уровне национальных экологических программ решается проблема восстановления болотных экосистем.

В Кировской области, начиная с 30-х годов прошлого века, почти все средние и крупные болотные массивы были осушены с целью промышленной торфодобычи. В естественном виде сохранились лишь отдельные верховые и переходные месторождения северных районов, охраняемые как уникальные местообитания ягодно-лекарственных растений, птиц и животных. Приостановившаяся было торфодобывающая кампания, по инициативе местных чиновников от энергетики вновь возрождается. Поэтому в сложившейся обстановке идея реанимации болот на месте бывших торфоразработок в условиях южной тайги Евро-Северо-Востока является, на наш взгляд, важнейшим шагом на пути восстановления экологического равновесия этой подзоны.

Известно, что процессы болото- и торфообразования проходили в период голоцена, начало которого принято исчислять со времени окончания последнего материкового оледенения (около 10-12 тыс. лет назад). Несмотря на кардинально изменившийся с той поры климат, болотообразовательный процесс продолжается и в настоящее время. Существует достаточно методов оценки динамики современного торфонакопления, однако в большей степени они предназначены для функционирующих целинных, т.е. неосушенных болот. Систематические наблюдения за процессами вторичного заболачивания при восстановлении нарушенных и исчезнувших болотных биогеоценозов были начаты сравнительно недавно в США, Германии, Белоруссии и некоторых других странах, однако большого распространения они пока не получили.

В этой связи на Кировской ЛОС на выработанной площади торфомассива «Гадовское», выведенной из пашни по причине отсутствия технической возможности регулирования водного режима для кормовых культур, был создан аналогичный стационар для изучения этих вопросов. Более чем двадцатилетние наблюдения позволили установить, что фактором, определяющим направленность вторичных почвенно-болотных сукцессий на выработанных торфяниках, является водный режим.

Так, в условиях умеренного увлажнения (УГВ 60-80 см) длительное время после окончания торфодобычи первыми поселенцами являются почвенные водоросли, грибы, мхи и лишайники, затем - достаточно активно формируется древесно-кустарниково-разнотравно-болотная поросль с невысоким проективным покрытием (ПП) – 15-20 %. Ежегодно отмирающий опад полностью утилизируется. Применение даже незначительного количества удобрений в этих условиях резко увеличивает ПП и стимулирует нарастание наземной массы древесно-кустарниково-травянистой растительности.

При повышенном увлажнении (УГВ – 0-30 см) прежде всего поселяется влаголюбивая болотная травянистая растительность (мятлик болотный, пушица, ситники, осоки, вейник, зеленые мхи и др.). Несмотря на более высокое ПП (80-90 %), существенного накопления органической массы здесь также не происходит. Сформированный из «местных аборигенов» травостой настолько стабилен во времени, что его видовой состав и общая продуктивность была мало подвержена качественно-количественным изменениям, даже при многолетних попытках применения высоких доз минеральных удобрений ( $N_{180}P_{120}K_{180}$ ), и не превысила 10-15 ц/га сухого вещества.

Лишь при умеренно-застойном водном режиме, когда грунтовые воды в течение всего года стоят до 10-40 см над поверхностью, создаются реальные условия для восстановительных процессов биогенных элементов с переменной валентностью (азот, железо, марганец и др.) и положительного баланса органического вещества. Примечательно, что в этих условиях формируется достаточно высокая фитомасса, причем в основном из тех болотных растений, которые 3-4 тыс. лет назад являлись торфообразователями того генетического слоя залежи, на котором 35 лет назад была прекращена торфодобыча. Основной опад обеспечивают: осоки (20-22), рогоз широколиственный (70-150), вейник тростниковидный (75-130 ц/га сухого вещества). Однако от этого количества опада ежегодно в виде полуразложившейся массы под водой остается не более 20-30%. Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) верхней части профиля колеблется в течение года от -200 до +400 мВ. Обычно активные окислительные процессы начинаются при положительном значении ОВП в 200 – 300 мВ, а при дальнейшем увеличении (летом) почти вся отмершая накануне фитомасса разлагается полностью. В среднем ежегодно откладывается 0,5-1 мм органогенной массы, что значительно ниже по сравнению с целинным болотом. Естественно, что торфом эта полуразложившаяся масса пока называться не может.

При более значительном постоянном затоплении поверхности остаточной залежи (40-70 см) процесс зарастания кустарниково-болотной растительностью существенно подавлен, однако большая часть (60-70 %) опада здесь сохраняется. Кроме того, именно в этих условиях создается наиболее благоприятная среда обитания для многих представителей охотничье-промысловой болотной фауны.

Таким образом, направленно регулируя водный режим можно значительно ускорить естественно-природный процесс самовосстановления болотной экосистемы.

УДК 636.086.3

## **РОЛЬ ПЫРЕЯ СОЛОНЧАКОВОГО В ФОРМИРОВАНИИ ПЛОДОРОДИЯ ЗАСОЛЕННОЙ БУРОЙ ПОЛУПУСТЫННОЙ ПОЧВЫ**

М.П. Чапланова

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В Калмыкии на зональных бурых полупустынных засоленных почвах с 2001 года проводятся исследования по разработке ресурсосберегающей технологии освоения засоленных орошаемых земель (при высоком уровне залегания грунтовых вод 1,0...1,5 м) с использованием многолетней злаковой кормовой культуры - пырея солончакового.

Опытный полигон (Черноземельский район республики) расположен в пустынной природно-климатической зоне. Территория зоны (30,1 % площади республики) характеризуется крайней засушливостью. Годовая амплитуда экстремальных температур воздуха составляет 80...90<sup>0</sup>С, сумма температур выше

10<sup>0</sup> - 3480...3650<sup>0</sup>С. Продолжительность тёплого периода ( $t > 0^{\circ}\text{C}$ ) 275 дней, активной вегетации растений -155...180 дней. В районе проведения исследований в среднем за год выпадает 259 мм, из которых в метровом слое почвы (при испарении, в 6 раз превышающем количество осадков, испаряемость ( $E_0$ ) - 850...1200 мм/год) остаётся 50...60 мм, что недостаточно для выращивания пропашных культур.

Засушливость климата, существующий дефицит кормов в республике и малая кормоёмкость пашни создали предпосылки для агроэкологического испытания одной из солевыносливых, засухо- и морозоустойчивых культур, выдерживающей длительное затопление (до 6 месяцев), пырея солончакового (Кравцов В.В., Гаджиев М.Д., 1998; Кравцов В.А., 2000, 2002; Бажанова Н.Н., 1997; Симанскова Н.В., 2000; Халилова Х.Д., Али-заде В.М., 2002), который ранее не возделывался в условиях засоленных бурых полупустынных почв.

Экспериментальный участок был выбран вдоль приканальной зоны сбросного канала УС-5 Черноземельской обводнительно-оросительной системы в районе СПК «Первомайский». Почвы участка - бурые полупустынные, подверженные вторичному засолению. Почвенный покров характеризуется значительной ( $1,41...1,68 \text{ г/см}^3$ ) плотностью, плохой аэрацией, низким содержанием гумуса ( $1,1...1,3 \%$ ) и легкодоступных питательных элементов; высоким содержанием легкорастворимых ( $0,673...1,760 \%$ ) и токсичных ( $0,590\% \dots 1,206\%$ ) солей, при устойчивом залегании уровня грунтовых вод на глубине  $1,0...1,5 \text{ м}$  с минерализацией воды -  $5,8...6,2 \text{ г/л}$ .

Почвы характеризуются низкой водоудерживающей способностью и плодородием (Кистанов Н.С., Аношин Е.И., Дармаев Т.Б., 1980). Освоение таких земель требует коренного улучшения свойств почвы не только путём оросительных, но и биологических мелиораций. Применяемые в Калмыкии фитомелиоранты (люцерна синегибридная, топинамбур, пырей удлиненный сорта «Ставропольский – 10»), эффективно улучшающие плодородие почвы, способны произрастать на засоленных почвах и формировать в этих условиях высокие урожаи кормовой массы, несмотря на то, что жёсткие почвенно-климатические условия аридных агроландшафтов значительно снижают их урожайность.

Биомелиоративные качества пырея солончакового были впервые установлены Кравцовым В.В. и Кравцовым В.А. (2000) на солонцовых и солончаковых землях эродированных угодий, почвах вторичного засоления, открытых песках, майкопских глинах и грунтах. Ставропольские учёные делают вывод о благоприятном влиянии посевов пырея солончакового на экологическую обстановку и плодородие почвы. Противозерозионные свойства изучаемой культуры-биомелиоранта проявляются лучше всего на 2-ой и 3-ий годы жизни. Проектное покрытие составляло  $80...100 \%$ . Травостой с таким покрытием был способен противостоять почвенным эрозионным процессам.

На деградированных и засоленных землях Республики Дагестан (Казбековский район), по данным Гаджиева М.Д. (1997), при внедрении пырея солончакового получены хорошие результаты. На засоленных участках, где выгорели посевы ранее посеянных ячменя и люцерны, высеяли пырей солончаковый.

Посевы пырея не только прижились, но и хорошо вегетировали, высота растений достигала 1,6-1,7 м.

Мелиорирующие свойства пырея солончакового при возделывании на светло-каштановых солонцеватых почвах и солонцах отмечены Симансковой Н.В. (2000). Мощная, хорошо разветвлённая мочковатая корневая система при жизни растений образует густую сеть узких пор и канальцев, сохраняющуюся некоторое время и после отмирания корней. В результате происходит естественный непрерывный процесс биологического дренирования почвы, который играет важную роль в повышении газообмена, накоплении и перераспределении влаги в почве (уменьшается поверхностный сток) и миграции солей по почвенному профилю.

Пырей солончаковый хорошо зарекомендовал себя на каштановых и светло-каштановых солончаковых и солонцеватых почвах, но не был испытан в условиях бурых полупустынных почвенных комплексов. В Калмыцком филиале ВНИИГиМ была поставлена задача разработки технологии освоения засоленных бурых полупустынных почв с использованием пырея солончакового при орошении.

При достаточном обеспечении многолетних злаковых растений влагой они отзывчивы на внесение минеральных удобрений, особенно азотных. По данным Г.А. Медведева (1989) выход переваримого протеина можно увеличить почти вдвое, значительно повышается продуктивное долголетие (Карауш С.М., 1998) и снижается неблагоприятное воздействие засоления на процесс фиксации азота в почве (Руднева Л.В. и др. 1999). Многолетние злаковые травы несколько меньше реагируют на обеспеченность почвы фосфором, хотя при его недостатке на листьях появляются буро-красные и фиолетовые пятна, листья преждевременно отмирают, портится качество продукции (Плешков Б.П., 1980).

Получение 15 т/га сена пырея солончакового в почвенно-климатических условиях региона возможно только при орошении и внесении азотно-фосфорных удобрений. При проведении экспериментальных исследований на опытном участке поливы проводились дождеванием. Предполивная влажность почвы поддерживалась на уровне 65-70 % НВ. Для обеспечения заданного уровня влажности почвы потребовалось в первый год жизни 1100, в последующие годы - 1800 м<sup>3</sup>/га оросительной воды. Дозы минеральных удобрений рассчитывались на заданную урожайность культуры по методике Филина В.И. (ВНИИОЗ) и вносились дробно: при предпосевной подкормке, в фазу кущения, в фазу колошения и после скашивания и уборки биомассы (табл.1).

Посев пырея солончакового проводили во второй декаде августа сплошным рядовым способом нормой 5...5,5 млн. всхожих семян на 1 га (23-25 кг/га). Глубина заделки семян не превышала 0,02..0,04 м, перед посевом и после проводили прикатывание. При достижении растениями пырея солончакового высоты 0,2 м проводилось подкашивание сорной растительности.

В результате исследований было установлено, что под влиянием агромероприятий при возделывании пырея солончакового на сильнозасоленных почвах, в частности, при поддержании заданного режима орошения, происходило вымывание ионов хлора, натрия из слоя почвы 0-1,0 м в

нижние горизонты. Содержание солей в метровом слое почвы уменьшилось на 27...35 %. Содержание ионов хлора снизилось на 50...67 %, а сульфатов - увеличилось. Под влиянием орошения пырея солончакового произошло равномерное распределение катионов и анионов по почвенному профилю, что способствовало снижению содержания токсичных солей до 46-67 %.

Таблица 1. Дозы внесения минеральных удобрений на посевах пырея солончакового

Планируемая урожайность, т/га сена	Доза NP, кг д.в./га за вегетацию	В том числе по укосам			
		первый	второй	третий	четвертый
<b>1-й год жизни</b>					
2,5	N <sub>36</sub> P <sub>20</sub>	N <sub>20</sub> P <sub>10</sub>	N <sub>16</sub> P <sub>10</sub>		
4,0	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>15</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>15</sub>		
<b>2-й год жизни</b>					
8,0	N <sub>115</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>40</sub> P <sub>20</sub>	N <sub>40</sub> P <sub>20</sub>	N <sub>35</sub> P <sub>20</sub>	
12,0	N <sub>170</sub> P <sub>85</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	N <sub>50</sub> P <sub>25</sub>	
<b>3-й год жизни</b>					
10,0	N <sub>145</sub> P <sub>70</sub>	N <sub>45</sub> P <sub>20</sub>	N <sub>40</sub> P <sub>20</sub>	N <sub>40</sub> P <sub>20</sub>	N <sub>20</sub> P <sub>10</sub>
15,0	N <sub>200</sub> P <sub>100</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	N <sub>50</sub> P <sub>30</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>10</sub>

Для пырея солончакового характерен продолжительный период укосной спелости (с I декады июня по II декаду октября), что позволило в третий год жизни получить 4 укоса. За 3 года жизни пырея солончакового в среднем было получено 21,7 т/га сена, которое отличалось высокой питательной ценностью и содержало 16,1 % сырого протеина, 23,5 % клетчатки, 1,4 % жира, 13,4 % золы. Внесение азотно-фосфорных удобрений в дозах N<sub>115...200</sub> P<sub>60...100</sub> способствовало увеличению урожайности культуры на 99...195 % и более эффективному использованию оросительной воды (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность пырея солончакового, т/га сена

1 год жизни (2 укоса)		2 год жизни (3 укоса)		3 год жизни (4 укоса)	
Доза удобрений	Урожайность	Доза удобрений	Урожайность	Доза удобрений	Урожайность
без удобр.	1,51	без удобр.	4,02	без удобр.	5,46
N <sub>36</sub> P <sub>20</sub>	2,49	N <sub>115</sub> P <sub>60</sub>	8,20	N <sub>145</sub> P <sub>70</sub>	11,23
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	4,01	N <sub>170</sub> P <sub>85</sub>	12,17	N <sub>200</sub> P <sub>100</sub>	16,14

Результаты исследований показали, что предлагаемая технология возделывания пырея солончакового (культура сенокосно-пастбищного использования, хорошо поедаемая всеми видами скота) экологически безопасна (под посевами пырея происходит разуплотнение, естественный дренаж, повышение водопроницаемости, улучшение водного и питательного режима засоленной бу-



рой полупустынной почвы) и экономически выгодна. С одного гектара пашни хозяйства пустынной зоны могут получить до 16,1 т сена, содержащего - 7,5-10,0 т кормовых единиц (индекс доходности достигает 1,64 %).

#### Литература

1. Кравцов В.В., Гаджиев М.Д. Пырей солончаковый – освоитель засоленных земель.// Материалы 7-й Международной научно-практической конференции 7-13 сентября 1998 г. «Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье» – Симферополь, 1998. – С. 548.
2. Кравцов В.В., Кравцов В.А. Особенности элементов технологии выращивания семян новых сортов пырея // Межд. научн.-пр. конф.: Экономика и организация семеноводства зерновых и др. сельскох. культур в Южном федеральном округе в условиях рыночной экономики, 2002, - с. 120-124.
2. Гаджиев М.Д. Внедрение нового сорта пырея-биомелиоранта деградированных и засоленных земель в Прикаспийской низменности Республики Дагестан // Мат-ы докл 2-го междунар. симпоз. Новые и нетрадиц. растения и перспективы их практ.использ. - Пушкино, 1997; Т.5, - С. 627-628.
5. Бажанова Н.Н. Влияние агротехнических условий на биохимический состав пырея солончакового // Тез. докл. итоговой науч. конф. АГПУ/ Астрах. гос. пед. ун-т. - Астрахань, 1997. -С.59.
6. Симанскова Н.В. Пырей солончаковый и волоснец ситниковый - фитомелиоранты почвы [Мелиорация солонцов] // Итоговая науч. конф. АГПУ /Астрах. гос. пед.ун-т.: Тез. докл.. - Астрахань, 2000, - С. 17.
8. Халилова Х.Д. Али-заде В.М. Исследование устойчивости некоторых видов кормовых трав к солевому стрессу // IV Междунар. науч.-практ. конф. Интродукция нетрадиц. и ред. с.-х.растений: Материалы. -Ульяновск, 2002; Т.1, - С. 264-267.
10. Рекомендации по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель Черноземельской обводнительно-оросительной системы Калмыцкой АССР / Под ред. А.С. Кистанова, Е.И. Аношина, Т.Б. Дармаева и др.. - Элиста : ВолжНИИГиМ, 1980. - С. 6-7.
- 11.Филин В.И., Оконов М.М. Удобрение и орошение однолетних кормовых культур в интенсивном кормопроизводстве Прикаспийского региона. – Элиста: АПП «Джангар», 2000. – С. 216-217.
12. Медведев Г.А. Многолетние травы при орошении – М.: Росагропромиздат, 1989. – 176 с.
13. Плешков Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений – М.: Колос, 1980. –495с.

УДК: 631.416

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАПАЗОНА ДОСТУПНОЙ ВЛАГИ С ПОМОЩЬЮ ПРЕССА РИЧАРДСА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ $r_f$ КРИВЫХ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ**

Н.Ш. Шарафутдинова

САНИИРИ, Ташкент, Республика Узбекистан

Почва обладает водоудерживающей силой, которая изменяется в зависимости от количества воды. Чем больше в почве воды, тем с меньшей силой она ею удерживается, и, наоборот: при малом количестве, вода удерживается с очень большой силой. Обычно в почве вода содержится влага в виде раствора, имеющего некоторую концентрацию. При уменьшении влаги - увеличивается

концентрация почвенного раствора, вместе с ним повышается и осмотическое давление.

Сила, с которой почва удерживает воду, измеряется в атмосферах, кПа, барах (табл. 1).

Таблица 1. Категории, формы почвенной влаги и почвенно-гидрологические константы, используемые при построении кривых водоудерживаемости.

(к иллюстрации водоудерживающей способности почв) [1]

Категория и формы воды	Связанная				Свободная		
	Прочносвязанная (гигроскопическая)		Пленочная (рыхлосвязанная)		Пленочная капиллярная	Капиллярно-гравитационная	
Диапазон влажности	Сухая почва	МАВ*	МГ	ВЗ	ВРК (ММВ)	НВ (ППВ)	ПВ
Водоудерживающие силы, их величина	Адсорбционные		Сорбционные		Сорбционно-капиллярные	Капиллярные и гравитационные	
Бар			15			2,2	
кПа	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$		$10^2$	$10^2$	0
pF**	7	5	4,2		3	2	0
Доступность воды растениям	Недоступная			Трудно доступная	Легко доступная	Легкодоступная, но избыточная	

\*МАВ, МГ, ВЗ, ВРК (ММВ), НВ (ППВ), ПВ – название видов влаги в почве, соответственно: максимальная адсорбционная влага, максимальная гигроскопичность, влага завядания, влага разрыва капилляров (максимальная молекулярная влагоёмкость), наименьшая влагоёмкость (предельная полевая влагоёмкость), полная влагоёмкость.

\*\*pF – логарифм величины водоудерживающих сил, выраженный в Па

В международной практике при назначении графика орошения (сроков и норм полива) методом водного баланса, влажность, как правило, регулируют, выражая её в долях от ДДВ (коэффициент истощения). При этом, для назначения поливов, важно знать две точки: содержания влаги в почве: при предельной полевой влагоёмкости (ППВ), и при влажности устойчивого увядания (ВЗ). Разница, выраженная в процентах от объема сухой почвы, есть доступная почвенная влага (ДДВ). Для этих двух точек давление влаги равно: pF 2.0 (ППВ) и pF 4.2 (ВЗ), что соответствует 10 кПа и 15.000 кПа (2,2 бар и 15 бар).

Итак, диапазон доступной влаги определяется как разность между двумя точками:

$$\text{ДДВ (мм)} = (pF2 - pF4,2) \cdot 10$$

Свойства, определяющие водоудерживающую способность почв: наименьшая влагоёмкость, влага завядания, диапазон доступной влаги (НВ, ВЗ, ДДВ), различаются в разных типах почв по механическому составу. Макси-

мальные значения НВ (количество воды, которое почва удерживает после свободного стекания вниз), имеет глина, на втором месте - суглинки, и, затем – супесчаные и песчаные почвы (табл. 2). По влажности завядания такая же закономерность.

Таблица 2. Предельно полевая влагемкость (ППВ) основных почв Узбекистана (данные С.Н. Рыжова) [2]

Основные почвы Узбекистана по механическому составу почв	Глинистые	Тяжелые суглинки	Средние суглинки	Легкие суглинки	Супесчаные	Песчаные
ППВ к весу сухой почвы, %	25	22	19	16	13	10

Многочисленные лабораторные исследования водоудерживающей способности центральноазиатских почв, выполненные автором в монолитах из генетических горизонтов на мембранном прессе Ричардса (рис.1) (в лаборатории Почвенных Исследований и Промывок САНИИРИ), показывают, что реально величины диапазона доступной влаги не всегда коррелируют с механическим составом, объемной массой, а зависят как от генезиса так и от упаковки почвенных частиц. Это иллюстрируется: различием кривых водоудерживаемости для почв одинакового механического состава из разных природных зон (ZL) (рис. 2) и близкими значениями водно-физических свойств почв различного мех состава одной зональности (табл. 3).

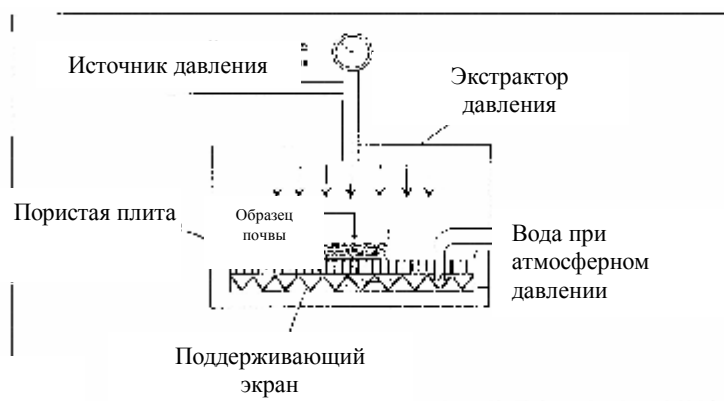


Рис. 1. Изучение ДДВ в прессе Ричардса (схематично)

Замечено, что водоудерживающая способность повышается при возрастании содержания фракции пыли (частиц диаметром 0,002 – 0,05 мм) преобладающей в большинстве местных почвах. Так, в Сурхандарьинской области при содержании фракции пыли 9 - 29 %, диапазон доступной влаги (ДДВ) – колеблется в пределах от 72 – 93 мм, в Сырдарьинской области (Оккалтинский район) при содержании фракции пыли – 30 - 69 %, ДДВ составляет – 81 - 206 мм, а в Хорезмской области, при содержании фракции пыли от 1-87 %, а ДДВ – составляет – 43 - 285 мм.

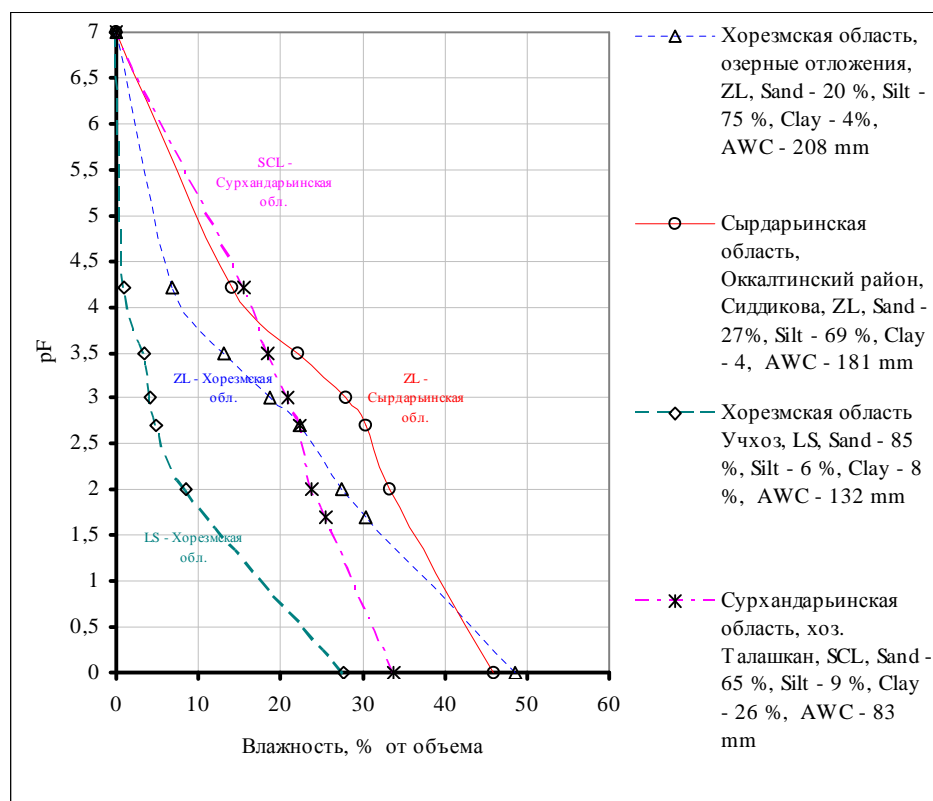


Рис. 2. Сравнение водоудерживающей способности почв в различных зонах Узбекистана

Таблица 3 - Диапазон значений водно-физических свойств основных типов почв верховьев реки Сырдарыи, различающихся механическим составом<sup>1</sup> [4]

Название почв по треугольнику США/отечественная (по А.Н.Качинскому)	Интервал процентного содержания фракций			Интервалы содержания физической глины, %	Диапазон значений наименьшей влагёмкости (НВ), % от объема	Диапазон значений влаги завядания (ВЗ), % от объема	Диапазон значений доступной влаги, мм
	Sand/Песок (0.05-2.0) мм	Silt/Пыль (0.002-0.05)мм	Clay/Глина (< 0.002 мм)				
Sandy Loam/Супесь	49-74	18-42	7-16.	<0.01мм	pF 2.0	pF 4.2	(pF 2.0 - pF 4.2)*10
Loam/Суглинок	33-56	29-49	9-25	16,9-34,5	8,74-26,67	1,58-13,66	72-131
Silt Loam/Пылеватый суглинок	22-38	51-66	8-20	18,6-45,6	20,93 - 47,44	9,91-30,01	98-198
Всего	22-74	18-66	7-20	24,0-37,7	26,9 -33,50	10,96 - 13,66	130-205
				16,9-45,6	8,74 -47,44	1,58 - 30,01	72-205

<sup>1</sup> Данные проекта по Интегрированному Управлению Водными Ресурсами, 2002

Кривые водоудерживаемости (или как их еще называют кривые рF) строят по результатам последовательного («отжимания») влаги из почвенных образцов, на пористых керамических плитах, с соответствующим диаметром пор. Эти кривые выражают связь между давлением и влагой в почве (рис. 1).

Из почвенного монолита (обычно стандартного объема  $100 \text{ см}^3$ , в кольце диаметром 5 см), вырезают маленький монолит высотой 1 см. Эти образцы ставятся на плиты с диаметром пор, рассчитанных на давление 3 атм. (что соответствует 3 барам), и «замачиваются», т.е. доводят их до полного насыщения, и, оставляют на 24 часа. Затем, последовательно определяют весовую влажность при различных давлениях: рF 1.7 = 0.05 атм, рF 2 = 0.1 атм, рF 2.5 = 0.3 атм, рF 3.0 = 1 атм, рF 3.5 = 3 атм, рF 4.2 = 15 атм, рF 7 = 104 атм. После этого почва высушивается в термостате при температуре  $105^{\circ}\text{C}$  и определяется влажность соответствующая абсолютно сухой почве, которая пересчитывается в объемную влажность.

Для конкретного участка или поля (точки, горизонта) кривые водоудерживаемости могут быть использованы при тензиометрических измерениях влажности, которые, тем не менее, следует уточнять определением весовой влажности (калибровка).

Как известно, различные культуры имеют свои требования к увлажнению почв. Например, такие культуры, как пшеница, хлопок относятся к засухоустойчивым, а овощи - к влаголюбивым.

При поливах обычно влажность почвы доводят до ППВ, затем влага постепенно расходуется на транспирацию, испарение и достигает точки, при которой требуется давать полив. Согласно отечественным исследованиям (СоюзНИХИ) для хлопчатника такая критическая точка влажности составляет 70 % от ППВ.

В западной методике расчета режима орошения есть понятие коэффициента истощения культуры, который выражает долю от ДДВ, необходимую для поддержания жизнедеятельности растений при определенном испарении. В зависимости от вида культур и фазы их развития, рекомендуется поддерживать влажность в диапазоне от 0,2 до 0,65 ДДВ (J.R.London, 1991). [3]

Сопоставительные оценки по международному и отечественному методам, показали, что для хлопка, влажность 0,65 ДДВ приблизительно соответствует влажности 70 % от ППВ. Особенность западного метода состоит в том, что он основан на балансе и коэффициент истощения меняется по фазам развития растений, так же и в отечественном методе, по фазам развития растений рекомендуется менять процент от ППВ.

Использование кривых водоудерживаемости, определенных при помощи пресса Ричардса, позволяет применять при управлении орошением международные подходы.<sup>2</sup>

#### Литература

1 «Почвоведение», под редакцией Кауричева И.С. 4-е изд., Агротех. издат., 1989 г, М.

2 Справочник по хлопководству – Ташкент, 1981 г.

<sup>2</sup> Работа выполнена под руководством к.с.-х.н. Широковой Ю.И.

УДК 631.6:

## **ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ - ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ УЗБЕКИСТАНА**

Ю.И. Широкова, Г. Полуашева  
НПО САНИИРИ, Ташкент, Узбекистан;  
А.Н. Морозов  
АОА Гидропроект, Москва, Россия

В Центральноазиатском регионе, расположенном в аридной зоне, орошаемое земледелие, которое представляет собой основу сельского хозяйства, очень много проблем, связанных с ирригацией и мелиорацией. Неудовлетворительное управление водой на фоне разнообразия природных условий орошаемой зоны создает множество проблем, ухудшающих плодородие почв, находящихся в сельскохозяйственном использовании. Происходит обострение экологических проблем, таких как: засоление и заболачивание орошаемых земель, загрязнение грунтовых вод и водных источников.

В естественных условиях учеными гидрогеологами и мелиораторами, были выделены три основные гидрогеологические зоны:

- зоны погружения и транзита потока грунтовых вод (как правило пресных, гидрокарбонатного химизма) в хорошо проницаемых отложениях (в верхних течениях рек);
- зоны выклинивания пресных или слабо солоноватых вод, служащих источником образования известковых и гипсовых почвенных прослоек, а также солончаков - при резком снижении проницаемости пластов, транспортирующих подземные воды (ближе к средним течениям рек);
- зоны вторичного погружения (рассеивания), как правило, высокоминерализованных грунтовых вод со всё большим преобладанием хлоридов, где внешний приток их становится ничтожно малым, а уровень определяется только атмосферными осадками и эвапотранспирацией (в нижних течениях рек).

При орошении большие участки зон погружения грунтовых вод перешли в зоны их выклинивания, а зоны вторичного погружения резко изменили свой гидрогеологический режим, при котором без искусственного дренажа невозможно стабильное поддержание солевого режима почв. Современное положение иллюстрируется рис. 1

Из сопоставления приведенных диаграмм видно, что в верхних течениях рек на площадях, высоко расположенных над уровнем моря (Андижанская, Наманганская, Ташкентская, Самаркандская области), преобладают грунтовые воды с глубиной залегания более 2 м и с минерализацией 0-3 г/л. Процессы засоления почв в этих зонах распространены незначительно.

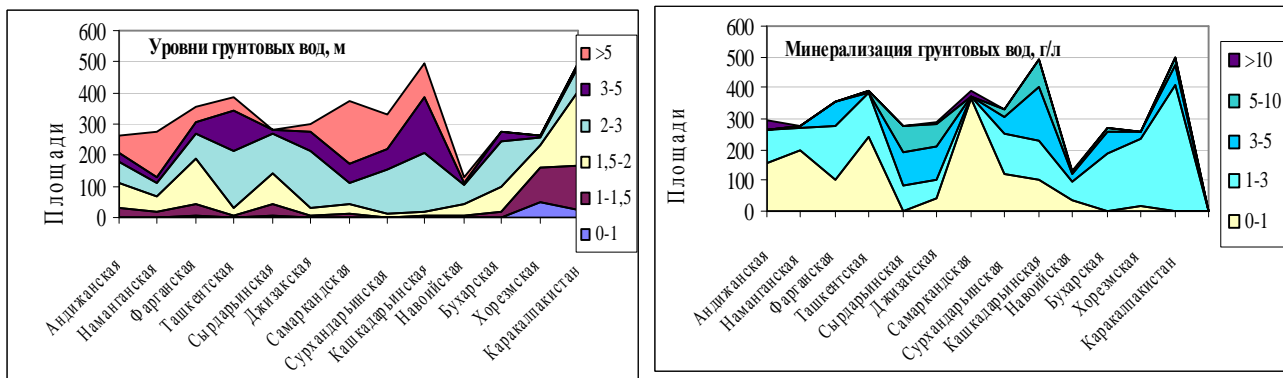


Рис.1. Распространение площадей с различным залеганием и минерализацией грунтовых вод в областях республики на 1 апреля 2000 г. (данные Министерства сельского и водного хозяйства)

В среднем течении р. Сырдарьи наблюдается увеличение площади земель с близким уровнем грунтовыми водами (рис. 2), причиной которого является - плохая работа дренажных систем (рис. 3).

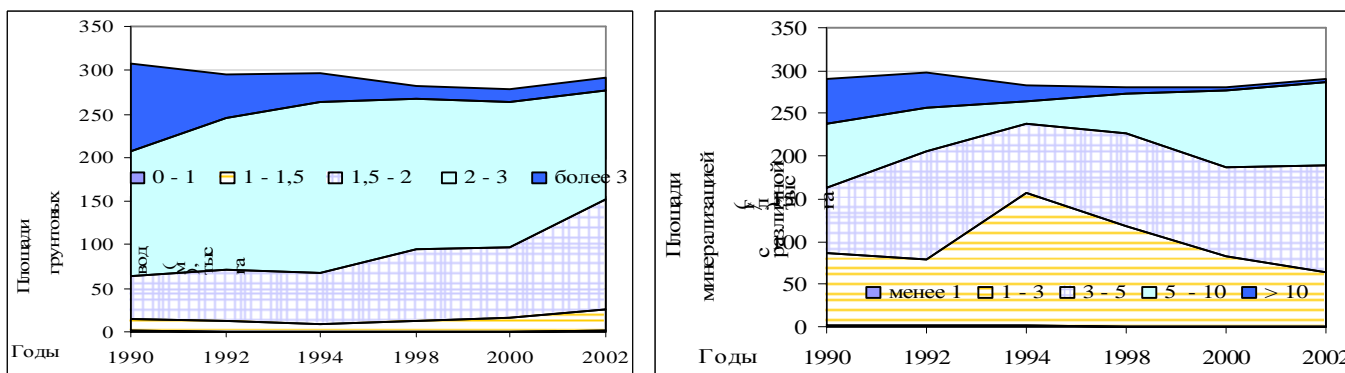


Рис. 2. Изменение уровней залегания грунтовых вод в Сырдарьинской области (среднее течение р. Сырдарьи)

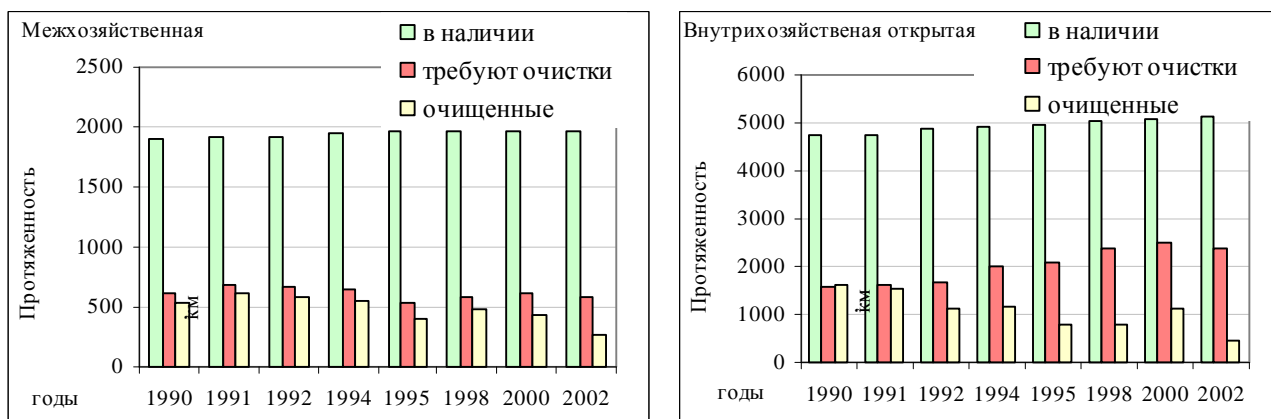


Рис. 3. Состояние открытой дренажной и водоотводящей сети в Сырдарьинской области

Низовья рек, особенно их дельтовые участки, относятся к зонам рассеивания, однако в условиях искусственного орошения здесь происходят очень сложные процессы формирования грунтовых вод. За счет слабой естественной дренированности территории, вызванной очень малыми уклонами поверхности (0,0001 – 0,0002) и достаточно высокой влагопроводностью (в горизонтальном направлении) сильно водопроницаемых прослоек песков и супесей, происходит передача гидростатического давления в грунтовых водах от рек и каналов, поливаемых и промываемых полей (подпор и выпор грунтовых вод), к близлежащим территориям (рис. 4). При плохом техническом состоянии проводящей сети каналов и водоотводящих систем, нарушениях поливного режима и отсталой технике полива, отсутствии хорошего дренажа возникают трудности с понижением и отводом грунтовых вод. Это приводит к неблагоприятному мелиоративному состоянию значительной части орошаемых земель низовьев Амударьи, поскольку (несмотря на невысокую минерализацию расположенных близко к поверхности грунтовых вод) при высоком испарении происходит сезонное засоление орошаемых земель. Оросительная вода, минерализация которой в периоды вегетации достигает 1,5-1,8 г/л, также является источником накопления солей, но из грунтовых вод зачастую привносится больше солей.

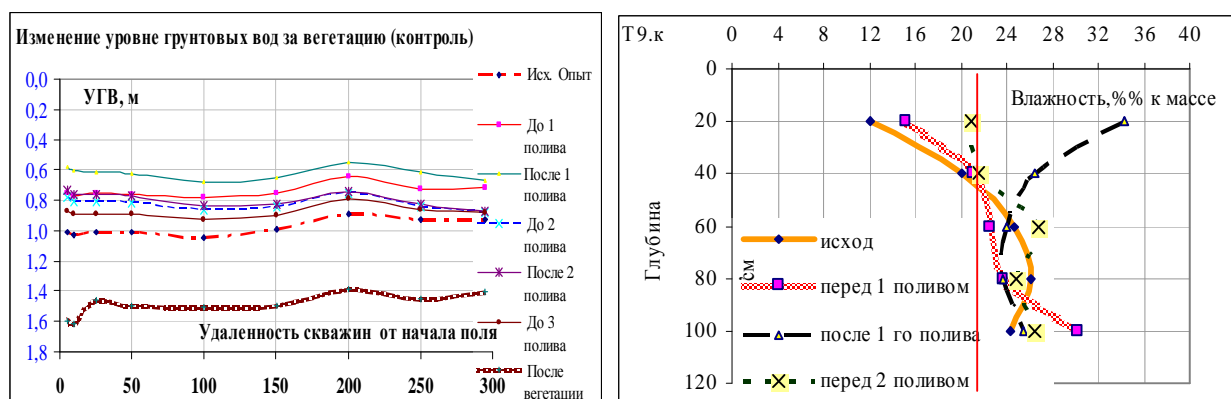


Рис. 4. Динамика грунтовых вод и профиля влажности почвы на опытном участке (Хорезмское ОПХ САНИИРИ)

Результаты приблизительных балансовых расчетов для отдельных полей (по данным фактических наблюдений проекта ВУФМАС, 1996-1999 гг.) показали, что при подаче поливной воды в объеме 7-8 тыс. м<sup>3</sup>/га (с минерализацией 1,5 г/л) и при глубине грунтовой воды около 2 м (с минерализацией 5-7 г/л) в почвенный слой поступает примерно одинаковое количество солей сверху и снизу. Водно-солевой баланс, составленный для опытного участка в Хорезмском ОПХ, показывает, что в этих условиях количество поступивших из грунтовых вод солей в три раза превышает их поступление с оросительной водой (табл.1).

В областях Узбекистана за 1991 и 2000 годы значительно возросли площади засоленных земель, в основном в областях, где сравнительно недавно были освоены большие массивы земель, потенциально подверженных засолению (рис.5). Это земли Сырдарьинской, Джизакской, Кашкадарьинской областей,



которые при освоении были обеспечены искусственным дренажем. Эффективность работы дренажных систем и мероприятий по рассолению почв в последние годы снизилась. По этим и другим причинам произошло нарастание процессов засоления и в низовьях р. Амударьи (Хорезмская область).

Таблица 1. Приблизительный водно-солевой баланс опытного поля в Хорезмской области

Статьи баланса	Ед. измерения	Опыт- встречный полив	Контроль обычный бороздковый полив	Разница опыт- контроль
Водопотребление	тыс. м3/га	7000	7000	0
Подача воды	тыс. м3/га	2392	2233	159
УГВ (зона аэрации)	м	1,0	1,0	0
Поступление воды из грунтовых вод	тыс. м3/га	4608	4767	-159
Запасы влаги в почве				
Начальные 03.06	тыс. м3/га	3131	3193	-62
Конечные 25.09	тыс. м3/га	2651	2728	-78
Объёмная масса	т/м3	1,55	1,55	
Поступление солей:				
С оросительной водой	т/га	3,1	2,9	0
Из грунтовых вод	т/га	11,1	12,2	-1
Всего	т/га	14,1	15,1	-0,9
Засоление почвы				
Начальное 03.07	т/га	60,5	77,5	-17
Конечное 25.10	т/га	73,6	117,8	-44
Разница	т/га	13,2	40,3	-27
Разница факт- расчет	т/га	-0,9	25,2	

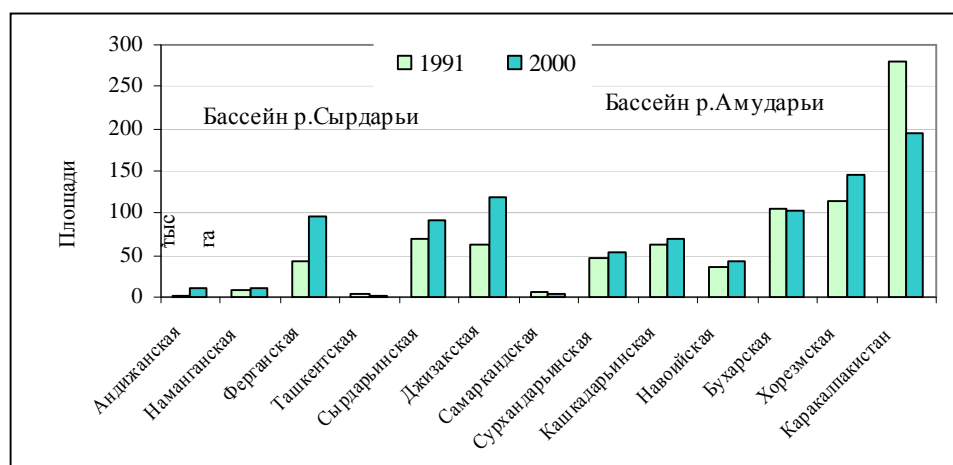


Рис. 5. Распространение засоленных земель на орошаемых землях Узбекистана (по данным осенних обследований почв службой мониторинга Министерства сельского и водного хозяйства республики)

Для снижения засоления корнеобитаемого слоя почвы обязательно проведение промывок засоленных земель и, в то же время, эффективность промывки в условиях подпора грунтовых вод представляется спорной.

Какие радикальные или текущие меры можно предпринять в сложившейся ситуации? В идеале совершенная техника полива способна развязать целый узел проблем: экономить до 30 - 40 % оросительной воды на поле, обеспечить водно-солевой режим, повышающий урожайность сельскохозяйственных культур и возможность поддержания оптимального для растений водного и солевого режима почвы, предотвратить глубинный и поверхностный сброс воды, обеспечить высокую равномерность водораспределения по площади поля, одновременно улучшая мелиоративное и экологическое состояние земель.

В сегодняшних условиях проблему регулирования грунтовых вод придется решать локально. Тем не менее, повсеместная очистка открытой коллекторно-дренажной и водоотводящей сети – безусловно, первостепенная задача. Вторая задача – упорядочение водораспределения на среднем уровне: между ирригационными системами и фермерами. Это уровень новых водораспределяющих организаций – ассоциаций водопользователей (АВП), которые в настоящее время имеют очень много проблем. В республике создано свыше 100 тыс. фермерских хозяйств, в которые поливная вода должна быть подана в нужное время и в нужном объёме.

С одной стороны, ремонт дренажных систем на внутрифермерском уровне является личным делом каждого фермера, однако гидрогеологический режим его территории зависит от деятельности соседних фермеров.

Правительством предпринимаются шаги по рациональному использованию воды:

- переход на бассейновый метод управления водными ресурсами;
- создание АВП также по гидрографическому принципу;
- постепенное введение оплаты услуг за поставку воды пользователям, подразумевающее техническое оснащение ферм средствами учёта воды.

Надо полагать, что в перспективе весь комплекс мер приведёт к более эффективному использованию оросительной воды и постепенному улучшению гидрогеологической и мелиоративной ситуации.

## ***ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕЛИОРАЦИИ***

УДК 626.8

### **РАСЧЕТ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОХРАНИЛИЩ ПО ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА**

Е.Э. Головинов, А.О. Щербаков  
ВНИИГиМ, Москва, Россия

Наполнение и сработка водохранилищ в процессе эксплуатации гидроузлов должны проводиться в соответствии с требованиями различных водопользователей и водопотребителей:

- потребности сельского хозяйства определяют водный режим водохранилищ с целью оптимального использования сельхозугодий;
- рыбное хозяйство предъявляет высокие требования к качеству воды, а также к обеспечению санитарных попусков и поддержанию высокой производительности нерестилищ;
- для водозаборных сооружений существуют жесткие ограничения в колебаниях уровней воды;
- для нужд судоходства необходимо поддерживать определенные минимальные глубины;
- гидроэнергетика накладывает свои требования к поддержанию достаточно высокого уровня верхнего бьефа с целью увеличения КПД ГЭС;
- при профилактике противопаводковой защиты территории необходимо обеспечить своевременную сработку водохранилищ.

При управлении работой гидроузла точность и оперативность определения морфометрических характеристик водохранилища (объема, площади зеркала, глубин) при изменении уровня имеет первостепенное значение. Неточное определение таких параметров водохранилищ может вызвать неблагоприятные последствия и привести к снижению эксплуатационной эффективности работы гидроузлов в целом.

Традиционно определение морфометрических характеристик водохранилищ производится по топографическим картам различных масштабов или данным русловых съемок. Площадь водного зеркала устанавливается путем планиметрирования карт по горизонталям и полугоризонталям. Отметка уровня и площадь зеркала водохранилища являются основой для построения связей объема водохранилища и его средней глубины с уровнем воды. Зависимость объема водохранилища от уровня определяется путем суммирования объемов воды, заключенных в слоях между горизонталями или изобатами определенного сечения до предельной из рассматриваемых подпорных отметок. В последнее время в целях совершенствования процесса создания топологии природно-техногенных объектов стали использоваться достижения в области геоинформационных технологий, базирующихся на использовании топографических данных в цифровом виде.

Созданная во ВНИИГиМ крупномасштабная цифровая модель рельефа (ЦМР) волжских водохранилищ [1] была использована для разработки и апробации метода высокоточного и оперативного вычисления морфометрических характеристик. Для выполнения таких расчетов в отделе гидротехники и гидравлики ВНИИГиМ было разработано соответствующее программное обеспечение. Программа функционирует в среде MatLAB [2], расчет ведется в матричном виде. Отметки земной поверхности считываются из файла формата ARC/INFO ASCII Grid. Для исключения территорий, заведомо не подлежащих затоплению, имеется возможность ограничить рассматриваемую площадь ЦМР (рис.1, 2).

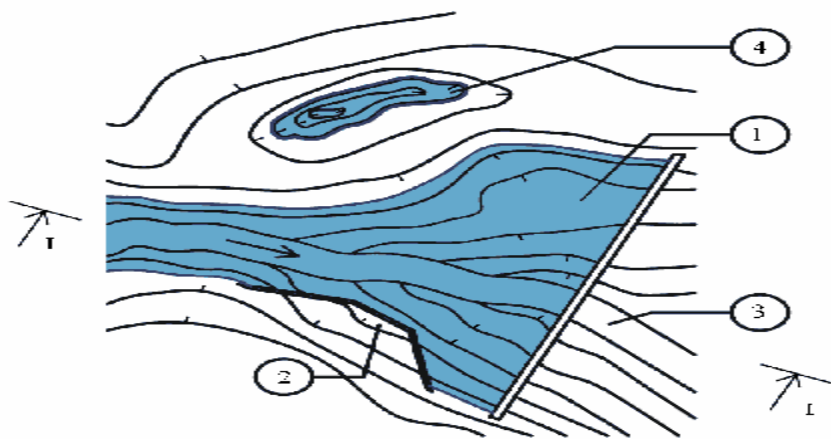


Рис.1. План гидроузла и отмеченных на топокартах водоемов:  
1 – водохранилище; 2 – дамба; 3 – естественное русло реки; 4 – озеро

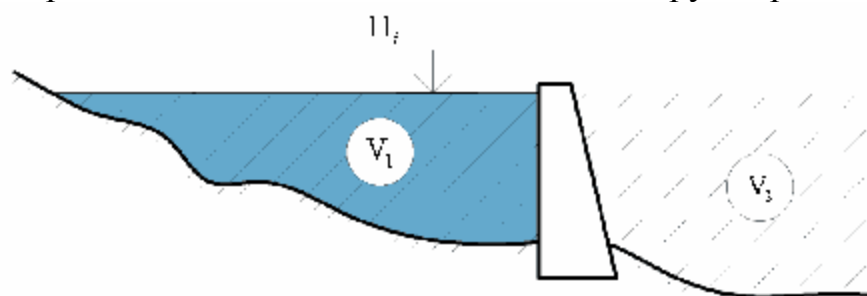


Рис.2. Разрез I – I по рис.1:  
 $H_i$  – расчетный уровень воды;  $V_1$  – объем водохранилища;  
 $V_2$  – объем вне водохранилища

Из рисунка 1 видно, что озеро не входит в состав водохранилища, а дамба, ограждающая территорию затопления, также ограничивает объем водохранилища. Возникает необходимость отразить территорию, заведомо не подлежащую затоплению. Для этого вносятся соответствующие изменения в матрицу высот. Эти изменения можно внести следующими способами:

- заменить перед экспортированием из программы ArcView не используемые в расчете области на некоторое значение, например по умолчанию это «-9999»;

- создать еще одну матрицу, где значения, не используемые в расчете, будут равны «0», а остальные равны «1».

Путем поэлементного умножения получим пригодную для дальнейших расчетов матрицу. Важным условием является равенство размеров двух матриц. Далее необходимо задать диапазон уровней для расчета. Например, при расчете объемов для Рыбинского водохранилища, были приняты следующие уровни:

- от 94,5 м. до 96,0 м. с шагом 0,25 м;
- от 96,0 м. до 103,5 м. с шагом 0,1 м.

Данные значения были приняты из условий эксплуатации водохранилища.

- НПУ = 102,0 м;
- УМО = 97,1 м;
- Максимальная глубина сработки 4,9 м.

Размер ячейки матрицы высот, принятый для ЦМР Рыбинского водохранилища, составляет 50х50 метров. Перечисленных выше данных достаточно для выполнения расчетов. С помощью разработанного программного обеспечения были проведены тестовые расчеты для Рыбинского водохранилища. В результате расчетов были получены значения объемов и площадей для различных уровней воды (рис.3, 4).

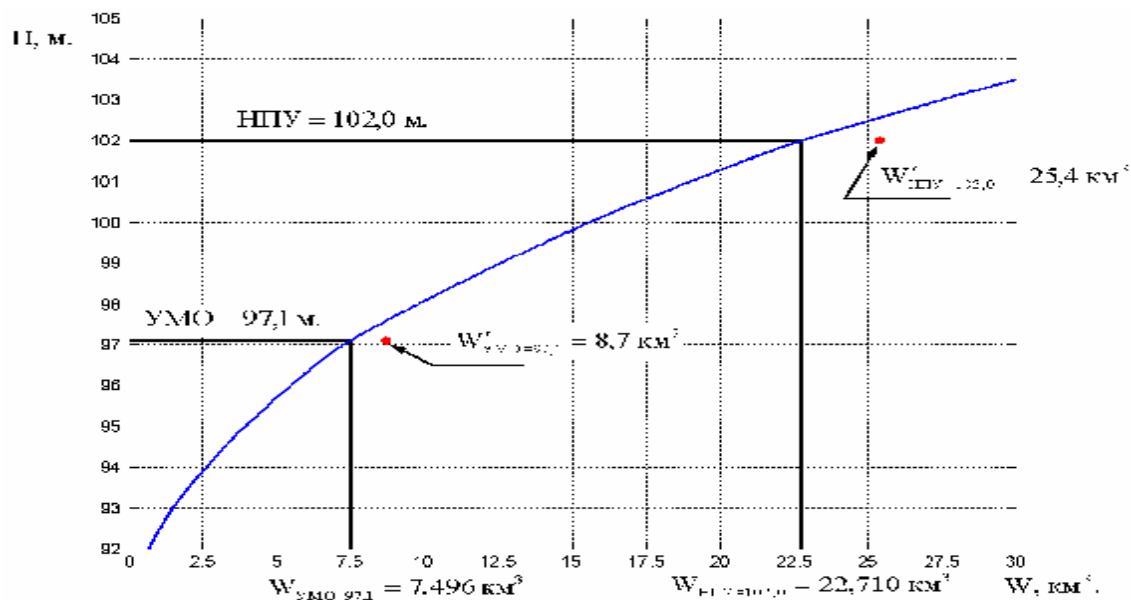


Рис.3. График зависимости объемов Рыбинского водохранилища от уровня воды:  $W$  – расчетный объем;  $W'$  – проектный объем

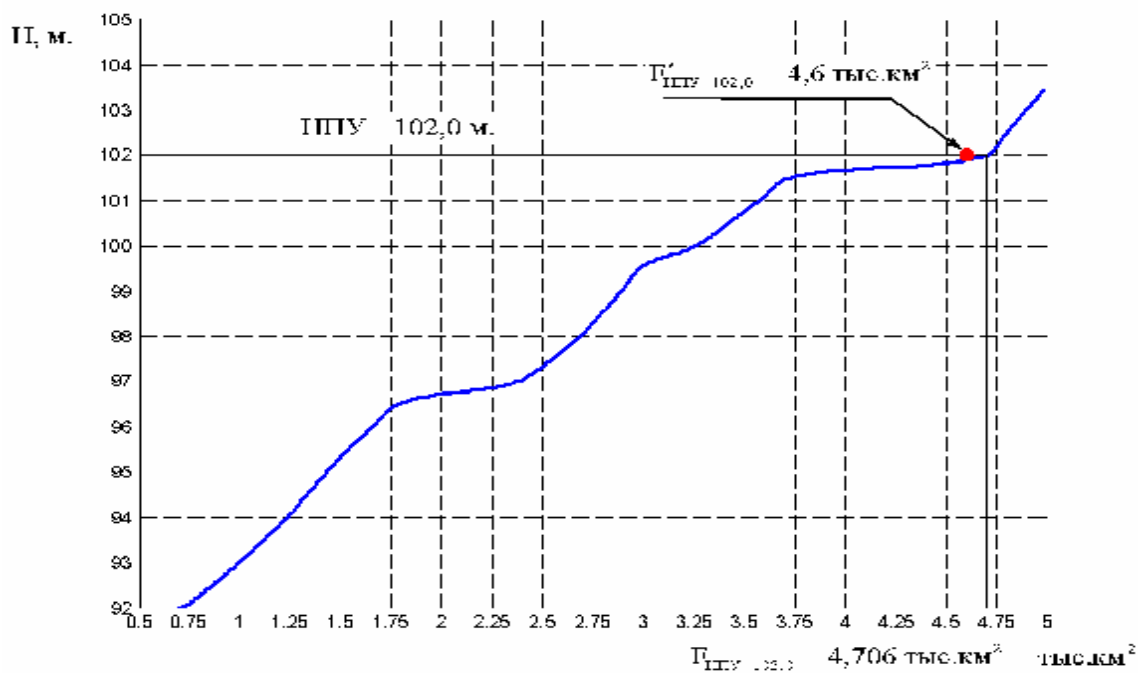


Рис.4. График зависимости площади зеркала Рыбинского водохранилища от уровня воды:  $F$  – расчетная площадь;  $F'$  – проектная площадь

Аналогичные расчеты были проведены для Горьковского водохранилища. Их результаты представлены на рисунках 5, 6.

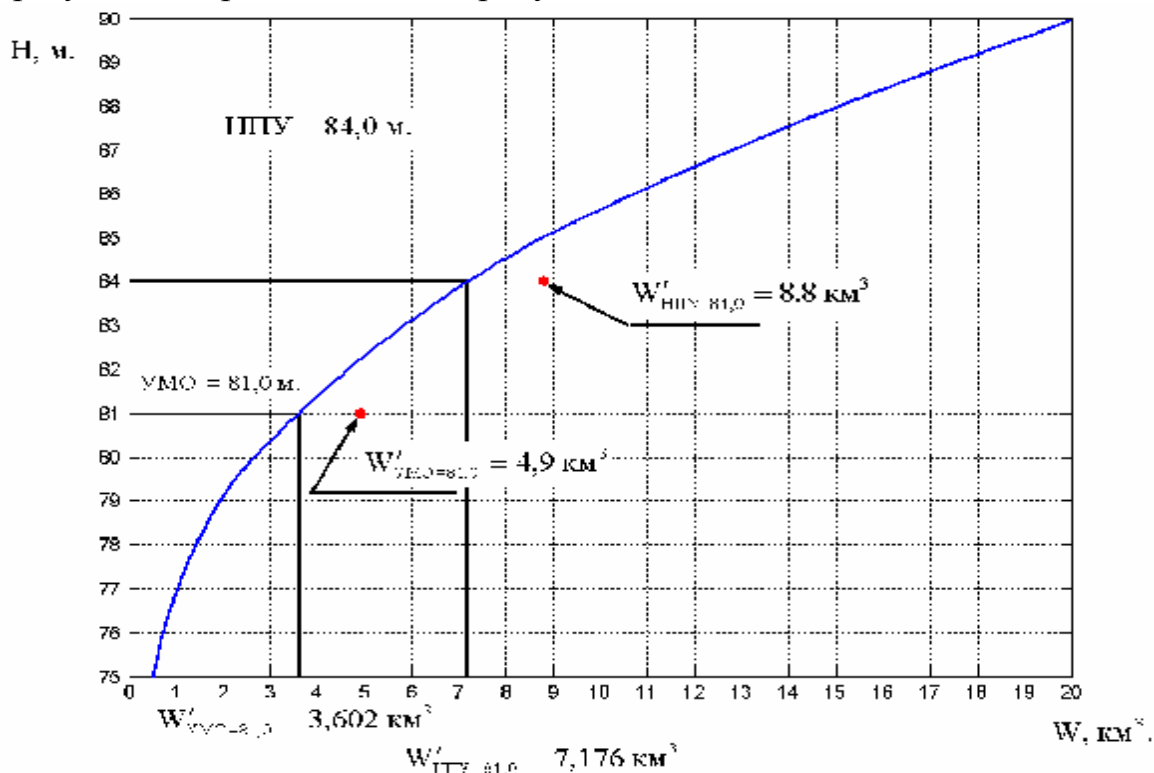


Рис.5. График зависимости объемов Горьковского водохранилища от уровня воды:  $W$  – расчетный объем;  $W'$  – проектный объем

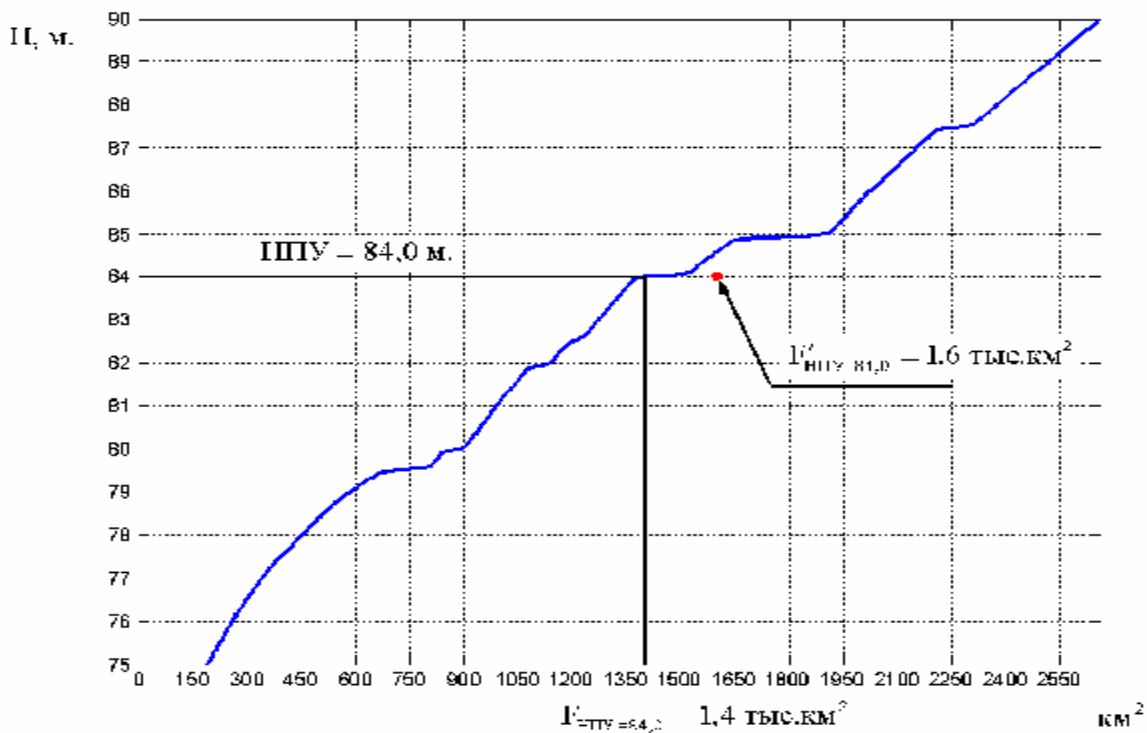


Рис.6. График зависимости площади зеркала Горьковского водохранилища от уровня воды:  $F$  – площадь зеркала водохранилища, полученная в результате расчета;  $F'$  – площадь зеркала водохранилища по имеющимся данным

Полученные в результате расчета данные имеют некоторое расхождение с проектными параметрами водохранилищ, что связано, в первую очередь, с изменением рельефа дна в период их эксплуатации, а также недостаточно точным определением территорий за дамбами (для тестовых расчетов эти территории определялись приблизительно, по мелкомасштабным картам). Разработанная методика расчета показала свою применимость, и одновременно выявила ряд недостатков, которые необходимо устранить в будущем. Очевидна необходимость нанесения более точного положения дамб с использованием информации с крупномасштабных карт. Необходимо внести соответствующие уточняющие дополнения в ЦМР с использованием методов нелинейной интерполяции.

Развитием программы расчета морфометрических характеристик водохранилищ является разработка удобного пользовательского интерфейса и документации, а также добавление новых функций, таких как расчет объема с учетом уклона водной поверхности.

Несомненное практическое значение методика может иметь при проектировании новых водохранилищ, мониторинге существующих и вычислении измененных в результате инженерной реконструкции гидроузлов морфометрических характеристик водохранилищ.

#### Литература

1. Щербаков А.О., Румянцев И.С., Талызов А.А., Ермаков Г.Г. Разработка имитационной модели каскада Волжских гидроузлов // - М.: Мелиорация и водное хозяйство, №1, 2004, с.41- 43.
2. Потемкин В. Г. MATLAB 6: Среда проектирования инженерных приложений. - М.: Диалог-МИФИ, 2003. - 448 с.

УДК 631.417

### **ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ БИОПРОДУКТИВНОСТЬ МАКРОАГРОГЕОСИСТЕМ**

Д. А. Иванов  
ВНИИМЗ, Тверь, Россия

На уровне макротерриторий биопродуктивность в основном определяют агроклиматические особенности. Для условий Нечерноземной зоны основными факторами являются: 1. Среднегодовое количество осадков; 2. Сумма активных температур; 3. Количество дней с температурой выше 5°; 4. Среднегодовое количество осадков; 5. Среднегодовое количество осадков, мм; 6. Континентальность климата; 7. ГТК; 8. Теплообеспеченность почв ( $\sum t^{\circ}$ ); 9. Запас продуктивной влаги, мм; 10. Сроки созревания почвы, баллы.

Все показатели определяются по агроклиматическим справочникам и климатическим картам и рассчитываются по общеизвестным формулам.

Кроме агроклиматических факторов необходимо учитывать показатели эрозионного состояния земель, структуры угодий, структуры посевных площа-

дей, доли защитных угодий в агроландшафтах, коэффициента почвозащитных свойств растительности, урожайности сельскохозяйственных культур, которые также определяются на основе анализа многочисленных литературных, картографических, фондовых и статистических материалов: 11. Доля эрозионно-опасных земель; 12. Доля эрозионно-опасных пашен; 13. Среднемноголетний смыв почвы; 14. Степень овражно-балочного расчленения территории; 15. Доля пашни, расположенная на склонах с крутизной  $<1^{\circ}$ ; 16. Доля пашни, расположенная на склонах с крутизной  $1-3^{\circ}$ ; 17. Доля пашни, расположенная на склонах с крутизной  $> 3^{\circ}$ ; 18. Доля пашни в площади АГС; 19. Доля лугов; 20. Доля лесов; 21. Доля защитных угодий; 22. Доля озимых в структуре посевных площадей; 23. Доля яровых; 24. Доля пропашных; 25. Доля многолетних трав; 26. Коэффициент почвозащитных свойств растительности (С).

Учет площадей эрозионно-опасных земель, степени овражно-балочного расчленения территории, доли пашен на склонах различной крутизны, долей различных угодий в пределах хозяйств на территории макроАГС позволяет, по мнению А.Н. Ракитникова (1970) изучать значения для продуктивности культур «местных отличий рельефа, климата, почвы».

Зависимость биопродуктивности от вышеприведенных факторов определяется с помощью различных статистических методов, прежде всего с помощью регрессионного анализа. В качестве массива данных можно использовать среднеобластные (лучше среднерайонные) показатели этих факторов и параметров биопродуктивности. Регрессионный анализ позволяет вычленить факторы, наиболее сильно влияющие на биопродуктивность в пределах макротерриторий (всей Нечерноземной зоны или отдельных ее частей).

В таблице 1 приведены результаты регрессионного анализа адаптивных реакций культур плодосменного севооборота на вышеприведенные факторы среды южной подзоны Нечерноземья, которые определялись в 33 точках, расположенных в пространстве от границ Белоруссии до Урала. Параметры точек характеризовали состояние агропроизводственной среды агроэкологических разделов.

Степень овражно-балочного расчленения территории во многом определяет продуктивность агроландшафтов. Наиболее сильно она влияет на урожайность многолетних трав, зерновых и льна. Урожайность картофеля значительно слабее зависит от этого фактора, а на продуктивность однолетних трав он практически не влияет. Воздействие оврагов и балок на продуктивность культур объясняется их вкладом в процесс деградации ландшафтов – снижения плодородия почв, увеличения дробности угодий, изменения гидрологических и температурных режимов. Сила влияния этого фактора на урожайность культуры во многом зависит от степени интенсивности технологий ее возделывания. Зерновые, лен и многолетние травы, часто культивируемые в одном севообороте, заметно снижают свою урожайность при уменьшении среднего размера контура угодья, деградации почвенного покрова, критическом понижении уровня грунтовых вод и т.д.

Картофель, в отличие от вышеназванных культур, хотя и меньше откликается на степень овражно-балочного расчленения территории, которое определя-



ет в основном дробность территории и ее гидрологические особенности, реагирует на долю эрозионно-опасных земель в агроландшафте и на величину коэффициента почвозащитных свойств культур. Совокупность этих особенностей картофеля свидетельствует о том, что эта культура, прежде всего, отзывается на такие негативные последствия эрозии как снижение плодородия почв, то есть на его продуктивность влияет не столько линейный, сколько плоскостной смыл почв. Сильное влияние урожайности картофеля на продуктивность, прежде всего, зерновых культур объясняется так же, как и в случае с зерновыми.

Таблица 1. Сила влияния факторов природной среды Южной подзоны Нечерноземья на продуктивность сельскохозяйственных культур (%)

Факторы	Культуры					
	Зерновые	<i>Лен</i>	Картофель	Одн. травы	Мн. травы	Среднее
Континентальность климата					4.1	0.82
Количество дней с $t^{\circ} > 5^{\circ}$				4.7		0.94
Осадки за год					2.0	0.4
ГТК по Селянинову					4.6	0.92
Доля эрозионно-опасных земель			8.5		6.8	3.06
Доля эрозионно-опасных пашен					5.6	1.12
Степень овражно-балочной расчлененности	13.6	11.3	8.9	2.4	15.8	10.5
Доля пашни на склонах $<1^{\circ}$		27.3	6.1	1.3	2.3	7.4
Доля пашни на склонах $1-3^{\circ}$	14.4		5.5			4.0
Доля пашни на склонах $>3^{\circ}$					1.0	0.2
Доля пашни в агроландшафте	11.2	4.5				3.14
Доля лесов			3.1		1.0	0.82
Доля защитных угодий		24.1				4.82
Доля пропашных					2.2	0.44
Доля многолетних трав				18.8	16.6	7.08
С	2.5		25.9			5.68

Следует упомянуть также фактор распаханности ровных участков агроландшафтов. Его влияние, прежде всего, сказывается на продуктивности льна, которая прямо пропорционально зависит от степени распаханности относительно пологих склонов. Это можно объяснить тем обстоятельством, что они в условиях Нечерноземья, как правило, переувлажнены, что является важным условием формирования продуктивности этой культуры.

Расчет средней факторной нагрузки по культурам показывает, что наиболее устойчивы к условиям южной подзоны Нечерноземья многолетние травы. На один фактор, достоверно влияющий на продуктивность этой культуры, в среднем приходится 7.5% пространственной вариабельности их урожайности.

То есть, резкая трансформация какого либо фактора, влияющего на их урожайность не приведет к коренному изменению характера их взаимодействия с окружающей средой. Наиболее сильно на их продуктивность влияет урожайность зерновых культур, что определяет их долю в структуре посевных площадей. Велика степень влияния овражно-балочного расчленения территории.

Картофель значительно менее устойчив в условиях юга Нечерноземья. В среднем на каждый фактор, влияющий на его продуктивность, приходится 11.5% ее пространственной вариабельности. Максимальное влияние на его урожайность оказывает продуктивность зерновых.

Однолетние травы еще менее устойчивы к природным условиям исследуемого региона. Максимальное влияние на их продуктивность оказывает доля многолетних трав в структуре посевных площадей.

Зерновые культуры и лен наименее устойчивы к условиям юга Нечерноземья из всех изученных нами культур. На каждый фактор в среднем приходится более 13% пространственной вариабельности их продуктивности. Наибольший вклад в вариабельность продуктивности льна оказывает доля распаханности плоских угодий, а также доля защитных угодий в агроландшафте. Урожайность зерновых в основном зависит от степени распаханности пологих склонов и интенсивности овражно-балочной расчлененности территории.

Анализ факторов, влияющих на вариабельность урожайности культур плодосменного севооборота показал, что большую роль в этом процессе на уровне агроэкологической зоны играет антропогенное воздействие. Следует отметить, что человек, отводя для наиболее продуктивных культур более плодородные земли, управляет агроландшафтными процессами на основе экстенсивного сценария, тем самым, уменьшая биоразнообразие и экологическую устойчивость агроландшафтов. Оптимизация продукционного процесса на макроуровне возможна только на основе экологически адекватного размещения культур, учитывающего их отклики на факторы агропроизводственной среды.

Таблица 2. Факторы, определяющие основную долю вариабельности урожайности зерновых и многолетних трав в Тверской области

Факторы	Сила влияния, %	Характер зависимости
<i><b>Зерновые культуры</b></i>		
Доля пастбищ	2.0	Прямопропорционально
Сроки поспевания почвы	3.6	Оптимально после 9 мая
Средний размер контура	4.3	Оптимально от 15 до 20 га
Соотношение луг/пашня	3.5	Оптимально <1
Содержание калия в почве	11.0	Прямопропорционально
Содержание фосфора в почве	12.6	Прямопропорционально
<i><b>Многолетние травы</b></i>		
Почвенный бонитет	10.3	Прямопропорционально
Температура января	5.8	Оптимально > 10.7°
Содержание калия в почве	5.1	Прямопропорционально
Значение рН почвы	5.3	Прямопропорционально

Применение инструментария ГИС технологий совместно с регрессионным анализом позволяют определить территории, оптимальные для выращивания конкретных культур. На примере Тверской области нами определены факторы, максимально влияющие на продуктивность зерновых. Сила и характер их влияния показаны в таблице 2.

Используя возможности геоинформационной системы Arc View (модуль Spatial Analyst) можно в пределах Тверской области (как в прочем, при наличии необходимой информации, и для любого другого региона) определить территории, оптимальные для произрастания зерновых культур и трав, то есть отвечающие условиям, определенным в ходе регрессионного анализа (табл. 2).

Из рисунка 1 видно, что ареалы, характеризующиеся оптимальным для зерновых набором свойств по шести параметрам, в основном сосредоточены на

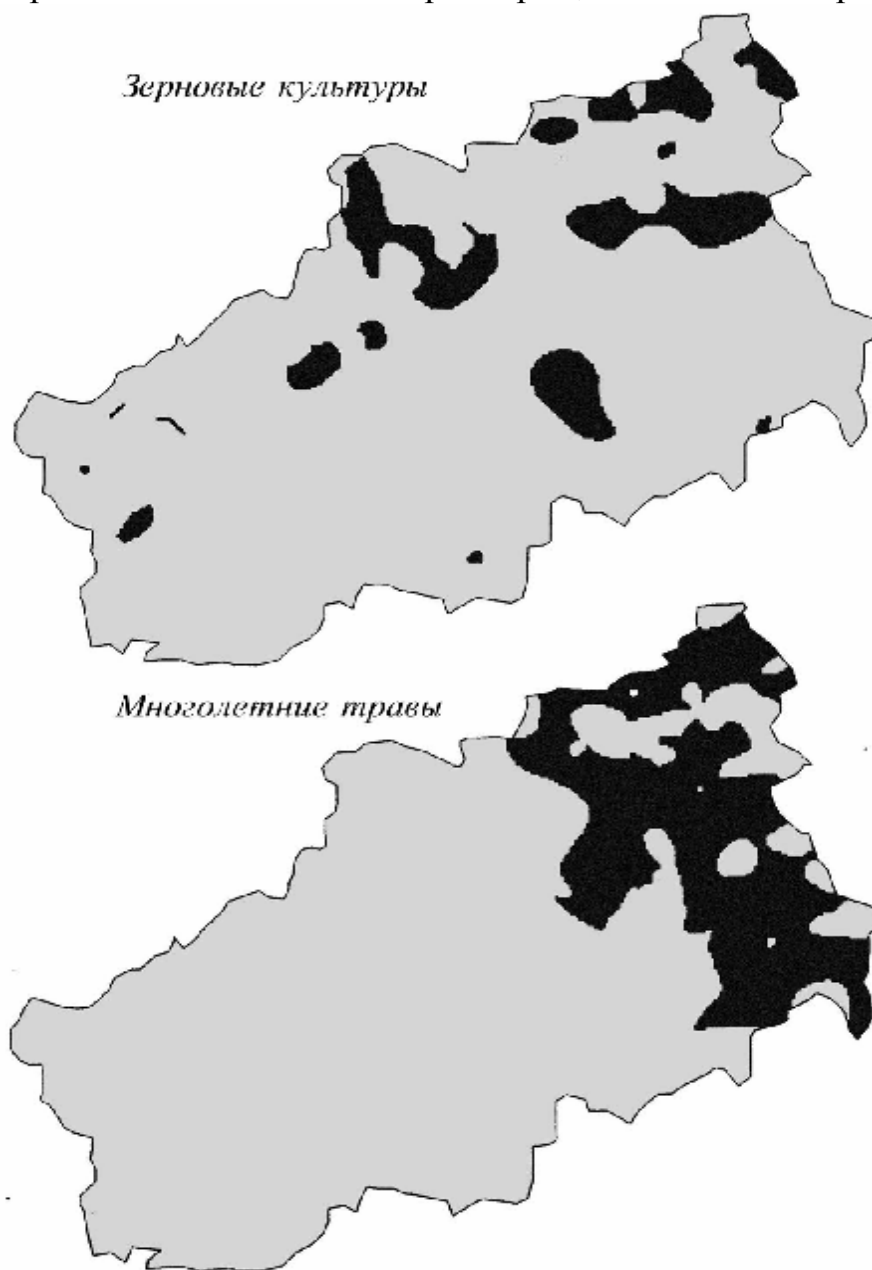


Рис. 1. Территории в пределах тверской области, оптимальные для выращивания зерновых культур и многолетних трав

севере и северо-востоке области. Именно здесь производственный процесс этих культур будет протекать наиболее эффективно, а себестоимость продукции будет минимальной. Территории, оптимальные для произрастания многолетних трав, расположены на востоке области. Сравнивая обе карты можно сказать, что северо-восток области (Верхневолжский агроэкологический раздел южной тайги) характеризуется сравнительно благоприятными условиями для выращивания зерновых и трав; юго-восток области (Верхневолжский АР смешанных лесов) благоприятен для многолетних трав и менее пригоден для зерновых. Северо-запад области (Валдайский АР) характеризуется наличием отдельных местоположений достаточно благоприятных для произрастания зерновых (как правило, это озерно-ледниковые равнины). Для успешного выращивания зерновых и трав на юго-западе области повсеместно требуется применение дополнительной антропогенной энергии.

УДК 528.94:55

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОМПЬЮТЕРНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Н.В. Коломийцев, Т.А. Ильина, О.Е. Киселева  
ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Увеличение объемов исходной, обрабатываемой и выдаваемой потребителям геоэкологической информации требует ответственного понимания и познания проблем территориального взаимодействия природы и общества и поиска путей его оптимизации на принципах рационального природопользования. В настоящее время это, прежде всего, связывается с внедрением в процесс экологических исследований новейших географических информационных систем (ГИС) и компьютерного картографирования.

Экологическим картам различной тематики и содержания отводится особая роль в осуществлении экологического контроля, организации мониторинга окружающей среды, проведении природоохранных мероприятий. Их необходимо рассматривать как важную составную часть экологической информационной системы. Но наличие множества нерешенных проблем пока не позволяет экологическому картографированию выйти на уровень, удовлетворяющий потребностям практики [1].

Отметим некоторые из них:

- карты факторов экологического состояния в своем большинстве не дают достаточно четкой и унифицированной оценки этих факторов в целях экологии, требуют углубленной интерпретации своего содержания;
- карты состояния объектов экологического анализа (организмов или компонентов среды) не получили достаточного распространения и далеко не всегда отражают четкие критерии, позволяющие оценить состояние объектов;
- до сих пор не разработаны общепринятые подходы к созданию инвентаризационных, оценочных и прогнозных экологических карт;

- отсутствуют унифицированные легенды и макеты экологических карт различного содержания и масштаба;

- отсутствуют инструктивные документы по содержанию и организации работ в области экологического картографирования.

Преодолению перечисленных и многих других возникающих препятствий может способствовать использование компьютерных технологий для создания экологических карт и их последующего анализа. Современный этап автоматизированного картографирования – геоинформационное картографирование, которое предусматривает создание и целенаправленный анализ картографических изображений на базе географических информационных систем (ГИС).

Получаемые с помощью компьютеров электронные карты позволяют исследователю – автору карты, работать в диалоге с машиной и открывают широкие перспективы для оперативного построения моделей, отражающих не только статику, но и динамику явлений путем сопоставления различных объектов в пространственно-временном аспекте, что особенно важно для проведения экологических экспертиз. Наличие редакторского режима предоставляет возможность оперативно вносить изменения и моделировать существующую или прогнозируемую обстановку. Возможность совместного высвечивания контурного и полутонного изображений аэро- и космических снимков значительно облегчает процесс обновления карт. На экране дисплея возникает картографическое изображение, оперативно оформляемое в мгновенно выбираемой системе условных знаков, постоянно зрительно наблюдаемое и контролируемое во всех его изменениях в процессе компьютерного составления. Такое изображение, продублированное в цифровой форме в памяти компьютера, можно рассматривать как удобную имитационную модель для рассмотрения и машинного анализа различных ситуаций.

Современные периферийные устройства компьютеров позволяют получать карты в традиционной бумажной или пластиковой форме высокой степени разрешения, мгновенно реализуя издание карт с минимальными затратами времени и средств.

В настоящее время в России и других развитых странах ведутся большие исследовательские работы, направленные на решения глобальных, национальных, региональных и локальных геоэкологических проблем с помощью методов и средств геоинформатики. Для этих целей используются в основном геоинформационные системы (ГИС), разработанные в США, Канаде, Франции и др.

Оцифровка исходных материалов может проводиться с использованием векторного устройства (дигитайзера) или растрового (сканера). При необходимости ввода в компьютер большого массива информации оптимальным средством будет сканер, позволяющий увеличить точность и качество ввода путем визуального контроля. Если же объем вводимой информации невелик, оптимальным будет выбор векторного устройства – дигитайзера. Такой способ обладает рядом преимуществ: повышается обзорность (оцифровывающий изображение оператор видит всю карту и имеет возможность творческого отбора вводимых

объектов с учетом конкретных свойств цифруемых географических объектов), не требуется дополнительного места на жестком диске.

Для ввода тематической информации, которая представляет собой сеть трудно распознаваемых и хаотически расположенных точек, представленных на многолистных картах, зачастую большого формата, удобнее использовать векторное устройство. Оцифровка таких источников тематической информации предлагается вести в картографических редакторах SummaScetch Professional или Digitmap. Основными достоинствами данных редакторов можно считать простоту освоения, возможность оцифровки карт с помощью обыкновенного дигитайзера и довольно точная географическая привязка отображаемых объектов.

Наилучшими программными продуктами, которые доступны широкому кругу пользователей, являются пакеты CorelDRAW и MapInfo, которые поддерживают работу с тремя типами объектов: точечными, линейными и площадными. С каждым объектом может быть связана таблица фактографических атрибутов. При этом структура таблиц определяется пользователем. Информация карты может быть подразделена на слои, цифруемые по отдельности с использованием их особой кодировки (в том числе с указанием в таблицах цветовых и других графических параметров). Это соответствует всем существующим типам локализации векторных изображений. Пакет CorelDraw, разработанный американской корпорацией Corel Corp., и пакет MapInfo, разработанный американской корпорацией Mapping Information Systems Corp., в последние годы заняли ведущие позиции среди геоинформационных систем для персональных компьютеров.

Для изучения динамики загрязнения водного объекта в зоне влияния АПК и при разработке технологии его экологически адаптированного восстановления необходимо реально знать сложившуюся обстановку. Верхняя часть литосферы (почвы, горные породы, донные отложения водных объектов) играет роль аккумулятора, трансформатора техногенного воздействия и является индикатором его уровня. Практически во всех техногенно развитых территориях в аквальных ландшафтах идет формирование литогеохимических аномалий в донных отложениях. В этом аспекте карты-схемы загрязненности донных отложений являются составной частью мониторинга окружающей среды и основой при проведении природоохранных мероприятий.

При построении карт-схем загрязнения донных отложений водных объектов в бассейне Верхней Волги, то есть карт с преобладанием линейных объектов, нами было отдано предпочтение программному продукту CorelDRAW [5]. Удачно спроектированный интерфейс версий CorelDraw10 и CorelDraw11 содержит команды и операции, представляющие в понятной и естественной форме концепцию геоинформатики, а также позволяющие применять опыт, накопленный при работе с Microsoft Excel, MapInfo и другими популярными пакетами.

Для отображения степени загрязненности донных отложений нами была использована система **игео**-классов Г. Мюллера, подробно изложенная в монографии [4], а также в других многочисленных публикациях авторов [2, 3]. Создание электронной картографической основы включает в себя следующие этапы:

- построение схемы отбора проб на базе топографических карт масштаба 1: 200000;
- генерализация карт масштаба 1: 200000 с выделением урбанизированных и сельскохозяйственных территорий, лесных угодий;
- оцифровка генерализованных карт в картографическом редакторе SummaScetch III Professional;
- трансформация оцифрованного материала в формат CDR (программный пакет CorelDRAW);
- редактирование файлов с разнесением оцифрованных объектов по слоям, цветная заливка объектов;
- разбиение рек на участки различной степени загрязненности по материалам исследований и цветовая заливка участков в соответствии с принятыми легендами;
- сохранение полученных карт на жестких дисках ЭВМ и на магнитных и лазерных носителях, распечатка карт на бумаге.

За период с 1997 года по настоящее время в программном пакете CorelDRAW построены карты-схемы загрязненности донных отложений тяжелыми металлами и мышьяком: рек бассейна Москвы (1993 и 1997); Клязьмы (1995, 1999 и 2003); Волги от истока до Твери (2000); озера Селигер (2000 и 2004); Иваньковского и Угличского водохранилищ (2001). Ряд вышеназванных карт был опубликован [2, 3, 4].

Серии таких карт водных объектов позволяют установить наиболее неблагоприятные в экологическом отношении участки на перспективу и корректировать состав и объем мониторинга водного объекта и водосборной территории. Они также могут служить основой выбора эколого-экономически целесообразных проектов и технических решений при восстановлении водных объектов, используемых в АПК.

#### Литература

1. Жуков В.Т., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н. Компьютерное геоэкологическое картографирование. – М.: Научный мир, 1999. – 128 с.
  2. Коломийцев Н.В., Райнин В.Е., Ильина Т.А., Зими́на-Шалдыбина Л.Б., Мюллер Г. Исследование загрязненности донных отложений как основа мониторинга состояния водотоков // Мелиорация и водное хозяйство, 2001, № 3, с.11 – 15.
  3. Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Ильина Т.А., Аверкина Т.И., Самарин Е.Н. Иванов Г.Н., Мюллер Г., Яхья А. Загрязнение водных экосистем озера Селигер тяжелыми металлами // Мелиорация и водное хозяйство, 2004, № 5, с.43 – 46.
  4. Техногенное загрязнение речных экосистем / Под ред. В.Е. Райнина и Г.Н. Виноградовой. – М.: Научный мир, 2002. – 149 с.
- CorelDRAW10 (программный пакет). – Corel Corp., 2000 – 2001.

## ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЛАНДШАФТА НА ПРИМЕРЕ ЭКОПОЛИГОНА «МЕЩЕРА»

Л.В. Кирейчева, И.В. Белова

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Основная стратегическая цель улучшения агроландшафта – повышение биопродукции, необходимой для человека, и улучшение ее качества при сохранении (повышении) плодородия почв и экологической ситуации на заданном уровне. Один из путей реализации поставленной цели – мелиорация сельскохозяйственных земель, т.е. создание продуктивного и экологически устойчивого мелиорированного агроландшафта. Проводимые нами исследования посвящены именно этому направлению.

Нами была предложена концептуальная модель управления режимами комплексных мелиораций агроландшафта (рис.1). Сельхозмелиорации и сель-



Рис. 1. Концептуальная модель создания высокопродуктивного и экологически устойчивого агроландшафта



скохозяйственная деятельность направлены на повышение продуктивности агроландшафта, а экомелиорации - на поддержание или повышение его экологической устойчивости. Повышая устойчивость и продуктивность, комплексные мелиорации восстанавливают природно-ресурсный потенциал агроландшафта. Основа предложенной модели – текущая оценка ситуации в агроландшафте, на основе которой принимается решение о применении того или иного комплекса мелиоративных мероприятий с целью создания высокопродуктивного и экологически устойчивого агроландшафта. Средством для выполнения этой задачи является проведение сценарных исследований на основе ГИС-технологий. Для того чтобы воспользоваться этим инструментом, необходима методика выполнения работ, которая включает в себя:

1. Обоснование ограничений на биопродуктивность и экологическую устойчивость.
2. Выбор траектории проведения сценарных исследований.
3. Модели расчета биопродуктивности и экологической устойчивости.
4. Построение эколого-ландшафтной карты с использованием ГИС-технологий.
5. Проведение сценарных расчетов биопродуктивности и экологической устойчивости по элементам ландшафта и в целом по всему агроландшафту.
6. Рекомендации по развитию и размещению комплексных мелиораций.

Результатом исследований является карта размещения комплексных мелиораций и рекомендации по конструированию продуктивного и устойчивого мелиорированного агроландшафта.

Для расчета продуктивности использована зависимость, предложенную Пеговым – Хомяковым [4].

Для оценки экологической устойчивости мелиорированного агроландшафта нами была разработана модель на основе методологии, предложенной сотрудниками МГУ [2]. Коэффициент устойчивости агроландшафта определяется по следующей зависимости:

$$K_y^{\text{общ}} = K'_{\text{эс}} * \frac{\sum_{i=1}^n K_{y_i} F_i}{\sum_{i=1}^n F_i} \quad (1)$$

где  $K'_{\text{эс}}$  – коэффициент экологической стабилизации агроландшафта, учитывающий его структуру;  $K_{y_i}$  – коэффициент устойчивости каждого выдела (местности);  $F_i$  – площадь каждого выдела (местности). Значение коэффициента устойчивости находится в пределах от 0 до 1.

Коэффициент экологической стабильности необходимо учитывать при оптимизации структуры агроландшафта и определении влияния его биотических компонентов на стабилизацию [1]:

$$K_{эс} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i K_{эз} K_p}{F}, \quad (2)$$

где  $f_i$  – площадь биотического элемента, га;  $K_{эз}$  – коэффициент, характеризующий экологическое значение отдельных биотических элементов;  $K_p$  – коэффициент геолого-морфологической устойчивости рельефа;  $F$  – площадь всей территории агроландшафта, га.

Оценку ландшафта производят следующим образом: при  $K_{эс} \leq 0,33$  ландшафт нестабильный; при  $K_{эс} = 0,34 \dots 0,50$  – малостабильный; при  $K_{эс} = 0,51 \dots 0,66$  – среднестабильный; при  $K_{эс} > 0,66$  – стабильный.

Для приведения значений  $K_{эс}$  к единице используем соотношение:  $K'_{эс} = K_{эс} / 0,67$ . При  $K_{эс}$  более 0,67,  $K'_{эс} = 1$ .

$$K'_{yi} = \frac{Th + H + \sqrt[3]{NPK} + Q}{pH + C + \Delta UGB + T}, \quad (3)$$

где  $Th$  – мощность гумусовых горизонтов почв, см;  $H$  – содержание гумуса, %;  $\sqrt[3]{NPK}$  – содержание элементов минерального питания, в долях от максимального значения;  $Q$  – оросительная норма, мм;  $pH$  – кислотность гумусовых горизонтов почв;  $C$  – содержание физической глины, %;  $T$  – величина сработки торфа, см.

Для приведения всех параметров к единой размерности используется соотношение:  $K_i = (X_i - X_{min}) / (X_{opt} - X_{min})$ .

$$K_{yi} = 1 - |K'_{yopt} - K'_{yi}|, \quad (4)$$

где  $K'_{yopt}$  – значение коэффициента устойчивости при совокупности всех оптимальных показателей. При  $|K'_{yopt} - K'_{yi}| \leq 0,9$ ,  $K_{yi} < 0,1$ .

Степень устойчивости элементов агроландшафта мы определили по следующей шкале:  $K_y \geq 0,7$  – устойчивость высокая;  $K_y = 0,69 - 0,50$  – средняя;  $K_y = 0,49 - 0,3$  – низкая;  $K_y = 0,29 - 0,1$  – очень низкая;  $K_y < 0,1$  – ландшафт неустойчив.

Объектом исследований является экополигон "Мещера" (Рязанская область). Для подробного описания объекта, сбора данных для расчета продуктивности, устойчивости и построения ландшафтной карты были проведены полевые исследования, включающие отбор почвенных образцов по пикетам, выбранным на основе почвенной карты и карты хозяйственного использования земель. Результаты лабораторных исследований приведены в табл.1.

На основе почвенной карты, составленной сотрудниками Мещерского филиала ВНИИГиМ, полевых исследований и данных И.И. Мамай [3] нами с помощью программы Arcview 3.2 была построена ландшафтная карта экополигона. Территория объекта разделена на два ландшафта (Келецкий и Шумашьский) и три местности: местность слабоволнистых водно-ледниковых равнин (пикеты

1,2,4) (1а), выровненно-котловинных зандровых равнин (пикеты 3, 8) (1б) и местность выровненных вторых надпойменных террас (пикеты 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14) (2а).

Таблица.1. Результаты исследования почвы

№ № пи- кет.	рН	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N, %	Со- держ. орг. в- ва, %	Слой гу- мусового горизон- та, см	Гидро- лит. ки- слот., мг- экв/100г	Название почвы по гранулометри- ческому составу
		мг на 100 г						
1	4,0	6,3	3,7	0,106	3,3	5	4,05	Песок связный
2	5,7	33,3	6,3	0,082	3,3	12	0,80	Песок связный
3	4,4	10,1	3,5	0,075	2,6	9	2,52	Песок связный
4	4,1	1,6	5,5	0,079	5,7	9	1,86	Песок связный
5	6,2	20,1	13,1	0,121	9,5	21	1,28	Супесь
6	6,2	43,5	11,5	0,092	8,6	13	1,26	Песок связный
7	5,9	24,8	4,8	0,069	5,2	12	3,79	Песок связный
8	4,9	3,4	6,4	2,270	15,2	Торф-45	2,74	Торфяник
9	6,8	19,0	5,9	0,192	9,5	20	1,15	Супесь
10	5,5	39,0	26,1	0,117	10,0	20	3,05	Супесь
11	4,7	13,3	3,3	0,056	3,0	7	2,57	Песок связный
12	4,4	27,0	6,1	0,092	7,2	10	7,41	Легкий суглинок
13	5,6	31,0	7,0	0,095	8,1	8	4,32	Песок связный
14	5,3	19,1	5,7	0,221	9,1	20	6,53	Супесь

Анализ результатов проведенных исследований позволил более подробно охарактеризовать почвы объекта по степени окисления; гранулометрическому составу почвы; содержанию валового азота, подвижного фосфора в почвах, обменного калия, органического вещества.

По вышеуказанным зависимостям (1-8) были вычислены продуктивность и экологическая устойчивость каждого элемента агроландшафта по состоянию на 2004 год (таблица 2) и составлена эколого-ландшафтная карта.

Таблица 2. Продуктивность и устойчивость агроландшафта

№№	Угодья	P, т/га	K <sub>v</sub>	№№	Угодья	P, т/га	K <sub>v</sub>
1	лес	6,26	<0,3	8	вторичное заболач.	8,09	0,41
2	залежь	12,43	<0,3	9	Пашня (осушаемая)	13,13	0,7
3	лес	7,92	0,48	10	Пашня (осушаемая)	15,27	0,9
4	пастбище	9,91	<0,3	11	лес	7,77	<0,3
5	пашня (ранее орош. «Фрегатом»)	14,43	0,74	12	дачные участки	7,03	0,68
6	пашня	14,83	0,71	13	Пашня (осушаемая)	9,23	0,42
7	пашня	8,25	0,38	14	Пашня (осушаемая)	7,95	0,87

Путем наложения ландшафтной карты на экологическую получили эколого-ландшафтную карту (рис.2)

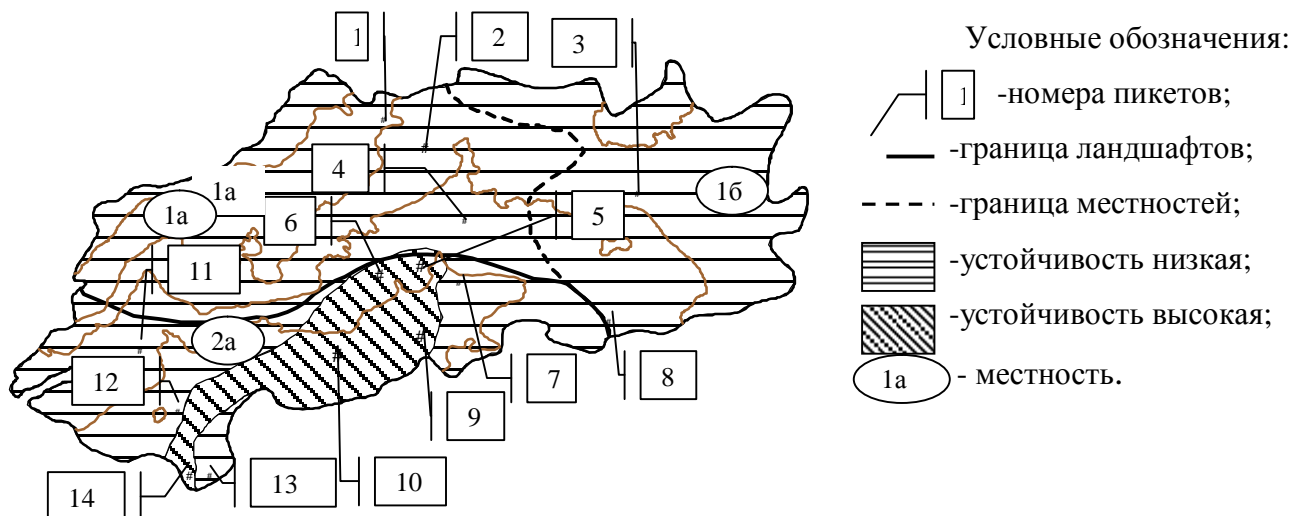


Рис.2. Эколого-ландшафтная карта экополигона «Мещера»

Анализ полученных результатов показал следующее:

1. В порядке возрастания продуктивности элементы полигона располагаются следующим образом: дачные участки; лес; пастбище; участок вторичного заболачивания; осушенные земли; залежь; земли, ранее орошаемые «Фрегатом»; ныне обрабатываемая пашня (рядом с «Фрегатом»).

2. Структура агроландшафта стабильна, о чем свидетельствует коэффициент экологической стабилизации:  $K_{эс} = 0,70$ .

3. Устойчивость агроландшафта в целом составляет  $K_y = 0,37$ , что свидетельствует о развитии деграционных процессов практически на всех элементах ландшафта. В наибольшей степени они проявляются на почвах пастбища.

4. Из природных ландшафтов экологически устойчивым является Шумашевский (местность выровненных вторых надпойменных террас). Келецкий ландшафт, включающий в себя две местности, можно охарактеризовать как среднеустойчивый.

Таким образом, для повышения экологической устойчивости необходимо проведение дополнительных мелиоративных мероприятий.

#### Литература

1. Агроэкология. М, Колос, 2000.
2. Комплекс природоохранных мероприятий по обеспечению экологической устойчивости осушаемых агроландшафтов (проект), Тверь, 1999.
3. Мамай И.И. Ландшафты Рязанской области, МГУ, 1988.
4. Пегов С.А., Хомяков П.М. Моделирование развития экологических систем, Ленинград Гидрометеоиздат, 1991.

## **ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ МЕЛИОРАТИВНОМ ОСВОЕНИИ БАССЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК**

О. Е. Киселева, Н. А. Коломийцев

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Малые реки в связи с их огромным числом (2,5 млн. малых рек и ручьев) представляют один из важнейших элементов географической среды и играют большую роль в жизни общества. При мелиоративном освоении территории малые реки служат источниками воды для орошения пастбищ, садов, полей и основными водоприемниками дренажных вод.

Для малых рек характерны большие колебания водных ресурсов половодья и межени. Около 80% местного годового стока формируется в весенний период, продолжительностью немногим более одного месяца, а на длительный период межени приходится всего 30% годового стока, на вегетационный период – около 10%. В связи с этим орошаемое земледелие испытывает трудности в обеспечении водой.

Обеспечить площади водой можно только с помощью регулирования стока, путем устройства низконапорных плотин. При решении вопросов наполнения прудов для обеспечения потребностей орошаемого земледелия необходимы детальные данные о формировании стока половодья по территории даже очень малых бассейнов. Но гидрологическая изученность малых рек много ниже чем у средних и крупных, а осуществить проведение стационарных гидрометрических наблюдений в каждом пункте, намеченном для хозяйственного использования практически невозможно.

При мелиоративном освоении территории на первый план выдвигаются проблемы эрозионной устойчивости почв водосбора и заиления водного объекта. При этом особенно уязвимы малые реки, водный режим которых сильно зависит от состояния поверхности водосбора. И если в половодье максимум выноса наносов совпадает с наиболее высоким стоком воды и заметного заиления русел не наблюдается, то при сильных ливнях и ирригационной эрозии, наибольший смыв почв и поступление наносов в речную сеть приходится на менее многоводную фазу водного режима [1]. Из-за малых скоростей течения происходит аккумуляция наносов, которая вызывает заиление рек и деградацию верхних звеньев русловой сети. Несомненно, усиление эрозионных процессов негативно отражается на экологическом состоянии всего водосборного бассейна: это и потеря плодородного слоя, богатого питательными элементами, и химическое загрязнение рек, которое является функцией интенсивности эрозии почвы и концентрации загрязняющих веществ в почвенном покрове. Ведь вместе с минеральным субстратом в реки со склонов поступают разнообразные химические вещества как изначально содержащиеся в почве, так и привнесенные (минеральные удобрения, пестициды и т.п.). Многие труднорастворимые соединения и химические элементы прочно сорбируются и перемещаются почти исключительно на взвесах [5].

В таких условиях, необходимо оценивать эрозионную опасность земель в бассейне малой реки: рассчитать возможный твердый сток по ожидаемой фактической впитывающей способности почвы (при дождевании), неэродирующую донную скорость, в случае воздействия концентрированных потоков воды (при ливнях или при дождевании).

Из-за слабо развитой системы мониторинга, направленного в основном на характеристику состояния природных компонентов в точке, затруднительно дать объективную оценку экологического состояния бассейна малой реки (подчас имеются лишь фрагментарные данные по талому, ливневому и эрозионному стоку). Метеорологические станции часто расположены вне изучаемых или осваиваемых бассейнов. В таких условиях для изучения сложившейся на территории обстановки удобнее всего использовать картографический метод, а именно геоэкологическое картографирование. Где основным принципом характеристики является принцип комплексности, т.е. использование серии топографических и тематических карт [2, 3]. Изучение сводится к анализу соотношения между антропогенными нагрузками и свойствами природного комплекса, в результате чего выявляются изменения в окружающей среде, не соответствующие экологическим нормативам и требованиям. Для более эффективной работы необходимо создание современных геоинформационных систем на базе электронных карт, которые должны включать [4]:

- банк географической информации;
- подсистему моделирования с программным обеспечением;
- подсистему прогнозирования;
- подсистему управления.

С помощью подсистемы моделирования создаются постоянно действующие геоэкологические модели реки (ПДГЭМР) и карты загрязнений, осуществляется районирование бассейна по типам и масштабам антропогенных изменений. Подсистема прогнозирования на основе ПДГЭМ осуществляет коротко- и долгосрочный прогноз развития бассейновой и русловой систем в пространстве и времени. Подсистема управления базируется на синтетических комплексных картах защиты исследуемой территории от опасных процессов, схемах оптимизации природопользования и снижения экологической напряженности. На этой базе определяются приоритеты для природоохранных инвестиций и оптимальные варианты хозяйственной деятельности.

ГИС бассейна малой реки должна функционировать на базе электронных карт, создаваемых с использованием современных программных продуктов, которыми являются пакеты *ArcInfo* и *ArcView*, а также *CorelDRAW* и *MapInfo*. Они поддерживают работу с тремя типами объектов: точечными, линейными и площадными. Это соответствует всем существующим типам локализации векторных изображений, что обеспечивает возможность подключения к региональным, национальным или международным информационным системам.

Апробирование подобной методики анализа экологического состояния малой реки ведется на водосборной территории реки Любожихи - правого притока Оки в южном Подмосковье. Эта территория является типичной для центра Русской равнины по геологическому строению, литологическому

составу почвообразующих пород, уровню сельскохозяйственного освоения. Площадь водосборного бассейна составляет 18,9 км<sup>2</sup> (до створа наблюдений), из которых на долю удобряемой пашни приходится 8 км<sup>2</sup>, леса – 7 км<sup>2</sup>, остальные 3,9 км<sup>2</sup> находятся под дорогами, лугами, гидрографической сетью, пустошами, постройками, балками, лощинами, оврагами и т. д. Для обводнения и орошения сельхозугодий в бассейне реки созданы 2 низконапорные плотины.

Сильно расчлененный рельеф местности способствует интенсивному развитию эрозионных процессов (подвержено около 40 - 45% территории). Наличие на территории бассейна большого количества ложбин стока привело к образованию ложбинного комплекса серых лесных почв разной степени смытости. Среди смытых почв присутствуют смытонамытые, обусловленные микроступенчатым характером склонов, что создает пятнистый характер почвенного покрова.

Для составления исходной экологической характеристики территории решаются широкие задачи сопряженного биогеохимического анализа различных природных тел бассейна р. Любожихи таких как почвы, подстилающие породы, поверхностные и грунтовые воды, атмосферные осадки и др. исследуются также важнейшие потоки вещества: ионный жидкий и твердый стоки с водосборной территории.

К настоящему времени составлены электронные карты рельефа, экспозиции склонов, густоты и ориентировки гидрографической сети, снеготаяния, почвенного покрова и использования территории. Ведется составление карты использования сельскохозяйственных угодий.

Из значительного числа количественных и качественных методов оценки и прогноза процессов почвенной эрозии для решения стратегических задач освоения водосборной территории наиболее удобно и целесообразно использовать методы оценки эрозионной опасности земель и математического моделирования эрозионных процессов на водосборной площади. Одной из таких моделей эрозии почв является американская AGNPS, которая в модификации Мирцхулавы - Сухановского с блоком снеготаяния применяется для оценки эрозии почвы вышеуказанного бассейна [6].

В дальнейшем намечено проведение сценарных исследований с целью выбора оптимальных методов ведения сельхозпроизводства в бассейне малой реки с точки зрения эрозионной устойчивости почв и сохранения экологического состояния водных объектов: самой реки, ее притоков и водохранилищ.

Литература

1. Алексеевский Н.И., Коронкевич Н.И. и др. Сток и эрозия почв на водосборах как факторы экологической обстановки // Известия Российской академии наук. Серия географическая, 2000, №1, с. 52-63.
2. Двинских С.А., Симиленков С.А. Картографический метод исследования в геоэкологии // Регион и география: Тезисы докладов международной научно-практической конференции (май 1995 г.). Часть 2. / Пермский ун-т. – Пермь, 1995. - С. 186-188.
3. Дитц Л.Ю., Смоленцев В.А. Геоинформационная система в почвенной картографии. – Новосибирск: «Наука», 2002.- 78 с.
4. Ковальчук И.П., Михнович А.Б. Эколого-географические исследования речных систем с

использованием с использованием геоинформационных технологий / Двенадцатое межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов (Пермь, 23-25 сент. 1997): Краткие сообщения МГУ, ПГУ, 1997. - С. 84-85.

5. Литвин Л.Ф. Процессы поверхностно-склоновой эрозии как фактор загрязнения поверхностных вод / Экологические аспекты теоретической и прикладной геоморфологии. – Материалы международной конференции «III Шукинские чтения» 16-17 мая 1995г. – С. 32-34.

6. Sukhanovski Y.P., Ollesch G., Khan K.Y., Meissner R. A new index for rainfall erosivity on a physical basis. J. Plant Nutrition and Soil Science. 2002. № 165. P. 51 – 57.

УДК 631.6

## СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОДУКТИВНОСТИ АГРОЦЕНОЗА ДЛЯ ОПИСАНИЯ АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ

А.В. Матвеев

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Влияние агроэкологических факторов на продукционный процесс в агроценозе можно представить причинно-следственной схемой вида:

$$X_i \Rightarrow S_i \Rightarrow y_i,$$

где  $X_i$  – комплекс агроэкологических факторов, воздействующих на растение в течение  $i$ -го интервала времени, в том числе почву и атмосферу;  $S_i$  – актуальное состояние растений в посеве, характеризуемое фазой развития, листовым индексом, глубиной проникновения корней в почвенный горизонт и др.;  $y_i$  – продуктивность посева за  $i$ -ый интервал времени, определяемая по приросту биомассы.

В эколого-физиологических моделях для описания процесса формирования урожая широко используется представление, согласно которому средний поток вещества в растение на  $i$ -той фазе развития (поглощение воды и минеральных веществ) описывается уравнением вида:

$$\Delta q_i = k_i \frac{\Delta j_i}{\Delta l_i};$$

где  $\Delta q_i$  – разница концентраций данного фактора внутри растений и в почве (в общем случае – разница термодинамических потенциалов фактора, вызывающая поток);  $\Delta l_i$  – толщина диффузионного слоя (длина пути потока или радиус зоны влияния корня);  $k_i$  – усредненный для  $i$ -ой фазы коэффициент пропорциональности (аналог коэффициента проводимости).

Полагая, что за время  $i$ -ой фазы ( $t_i$ ) растения усвоят (накопят дополнительно) рассматриваемый фактор продуктивности в количестве:

$$q_i = k_i \frac{\Delta j_i}{\Delta l_i} \cdot t_i,$$

при этом прирост урожайности составит:

$$y_i = a_i \cdot \Delta j_i, \quad \text{где} \quad a_i = \frac{c_i \cdot k_i \cdot t_i}{\Delta l_i}; \quad (1)$$



где  $a_i$  - эмпирический коэффициент, который определяется из соотношений (1) при известной разнице потенциалов (или по интенсивной характеристике фактора продуктивности во внешней среде и в растении), а также по отклику растений (по урожайности) на данный уровень фактора. Очевидно, что эта эмпирическая величина оказывается "привязанной" к конкретным условиям. На данном этапе статистические модели В.Г. Головатого [1] позволяют рассчитать значения коэффициентов. Отметим, что именно такого типа многофакторные модели позволяют получить адекватные значения коэффициентов пропорциональности при описании влияния нескольких факторов. Получаемая величина урожайности будет всегда ниже потенциальной или максимальной, откуда следует, что для конкретных условий значение коэффициента  $a_i$  ограничено некоторым предельным значением  $A_i$ , которое назовем показателем потенциального плодородия.

В технологическом процессе производства растениеводческой продукции управление агроメリоративными режимами можно строить, используя критерий:

$$A_i - a_i \Rightarrow \min, \quad (2)$$

т.е. по разнице между показателями требуемого и фактического состояния среды.

Эта разница, с одной стороны, характеризует имеющийся резерв, который может быть достигнут путем оптимизации состояния среды обитания растений агротехнологическими и мелиоративными средствами, а с другой - может являться показателем внутренней напряженности состояния посева («стресса»)  $\alpha_i = A_i - a_i$  (равным разнице между наиболее благоприятным и фактическим состоянием среды).

В процессе роста растения, используя различные адаптационные механизмы, стремятся компенсировать и сбалансировать воздействие факторов среды (в том числе за счет снижения продуктивности), так что величина  $\alpha_i$  не остается постоянной. Динамику процесса адаптации посева можно охарактеризовать относительной величиной скорости -  $\frac{da_i}{a_i}$ , которая стремится к нулю из-за ограниченных возможностей растений. Для комплекса факторов процесс адаптации может быть представлен в следующей форме:

$$\sum_{j=1}^n \frac{da_{ij}}{a_{ij}} \rightarrow 0, \quad \text{а в предельном случае} \quad \sum_{j=1}^n \frac{da_{ij}}{a_{ij}} = 0. \quad (3)$$

где  $j$  - общее количество факторов, влияющих на продуктивность и определяющих физиологическое состояние растений.

Характеристику адаптационной реакции растений можно получить интегрированием функции  $\frac{da_i}{a_i}$ . Для многофакторного случая интегрирование обеих частей уравнения (3) и перенос постоянной интегрирования в правую часть, дает следующее:

$$\sum_{j=1}^n \ln a_{ij} = \ln C;$$

где  $\ln C$  – постоянная интегрирования.

Принимая во внимание выражения (1 и 2), сделаем подстановку и, раскрыв знак суммы, в результате операции потенцирования получим:

$$(A_1 - \frac{y_i}{\Delta j_1}) \cdot (A_2 - \frac{y_i}{\Delta j_2}) \cdot \dots \cdot (A_n - \frac{y_i}{\Delta j_n}) = C; \quad (4)$$

Заметим, что полученное уравнение имеет столько сомножителей, сколько основных действующих факторов продуктивности может быть принято во внимание для описания взаимодействия сельскохозяйственного посева с агрогенной средой. Сделаем преобразование выражения (4):

$$(1 - \frac{y_i}{A_1 \Delta j_1}) \cdot (1 - \frac{y_i}{A_2 \Delta j_2}) \cdot \dots \cdot (1 - \frac{y_i}{A_n \Delta j_n}) = \frac{C}{A_1 \cdot A_2 \cdot \dots \cdot A_n}; \quad (5)$$

Значение параметра  $A_i$  является предельным и соответствует наилучшему состоянию среды по  $j$ -ому фактору продуктивности. Для такого частного случая соотношения (1) запишем в виде:

$$A_j \cdot \Delta j_j = Y_i; \quad (6)$$

где  $Y_i$  – максимальная урожайность, формируемая на  $i$ -ой фазе роста растений.

Произведя замену в (5) согласно (6) и упростив выражение, получим:

$$(1 - \frac{y_i}{Y_i})^n = \frac{C}{\prod_{j=1}^n A_j},$$

откуда выразим величину действительной урожайности как функцию потенциальной урожайности и параметров состояния среды:

$$y_i = Y_i (1 - \sqrt[n]{\frac{C}{\prod_{j=1}^n A_j}}).$$

При наиболее благоприятном состоянии среды величина  $y_i$  приближается к  $Y_i$ , т.е.  $y_i \rightarrow Y_i$ , а подкоренное выражение стремится к нулю:

$$(\frac{C}{\prod_{j=1}^n A_j} \rightarrow 0).$$

Поскольку  $C \neq 0$ , следовательно  $\prod_{j=1}^n A_j \rightarrow \infty$ . Это означает, что для дости-

жения потенциальной (максимально возможной) урожайности необходимо оптимизировать большое число факторов, т.е. при ограничениях на значения  $A_i$  ( $A_i \neq 0$ ) значение  $j \rightarrow \infty$ . Поскольку ни один из факторов продуктивности не может быть заменен другим, то чем большее число факторов оптимизируется, тем более высокая урожайность может быть достигнута. Эти выводы хорошо извест-

ны из работ ученых-аграриев и мелиораторов, а в нашем случае это важно для качественной характеристики модели.

Более гибкую форму аналогичной модели можно получить путем введения в уравнение (5) коэффициента пропорциональности  $\gamma_j$  по каждому фактору, влияющему на продуктивность:

$$\sum_{j=1}^n g_j \frac{da_{ij}}{a_{ij}} = 0.$$

Сделаем допущение, что значения коэффициентов будут отрицательными для факторов, вызывающих стресс, равными нулю для факторов, не меняющих своих значений в  $i$ -ый период роста, и положительными для реакции растений. После интегрирования обеих частей этого уравнения и последующего потенцирования получим:

$$\left(A_1 - \frac{y_i}{\Delta j_1}\right)^{g_1} \cdot \left(A_2 - \frac{y_i}{\Delta j_2}\right)^{g_2} \cdot \dots \cdot \left(A_n - \frac{y_i}{\Delta j_n}\right)^{g_n} = C;$$

Выполним преобразования и подстановку переменных следующим образом. Вынесем за скобки и перенесем в правую часть  $A_j$ ; произведем замену в первом сомножителе согласно (6)  $A_1 \cdot \Delta j_1 = Y_i$ ; а в остальных - произведем замену  $y_i$ , как в выражении (5)  $y_i = a_i \cdot \Delta j_i$ , и в результате получим:

$$\left(1 - \frac{y_i}{Y_i}\right)^{g_1} \cdot (A_2 - a_2)^{g_2} \cdot \dots \cdot (A_n - a_n)^{g_n} = \frac{C}{A_1}.$$

Примем  $\gamma_1 = 1$  и выразим величину действительной урожайности в виде функции:

$$y_i = Y_i \cdot \left[1 - \frac{C}{A_1(A_2 - a_2)^{g_2} \cdot \dots \cdot (A_n - a_n)^{g_n}}\right]. \quad (7)$$

Поскольку  $\gamma_2, \dots, \gamma_n < 0$ , перепишем формулу (7) в виде:

$$y_i = Y_i \cdot \left[1 - D \cdot (A_2 - a_2)^{-g_2} \cdot \dots \cdot (A_n - a_n)^{-g_n}\right]; \quad (8)$$

где  $D = C/A_1$  – коэффициент пропорциональности; значения степеней  $\gamma_j$  сомножителей становятся положительными.

С помощью полученной формулы можно аппроксимировать и в дальнейшем анализировать влияние различных агромелиоративных факторов на продуктивность агроценоза. Однако вид выражения (8) накладывает определенные ограничения на функции отклика продуктивности агроценоза на воздействие отдельных агромелиоративных факторов. В частности, эти функции должны быть гладкими и монотонными.

Из представленного выражения (8) следует, что особенно важную функцию выполняет величина потенциальной урожайности, которая при анализе влияния агромелиоративного режима должна определяться экспериментально и характеризовать почвенно-климатические условия, а также оптимальные зна-

чения факторов ( $A_j$ ). Стоит отметить, что эти величины тесно связаны с видовыми и сортовыми особенностями сельскохозяйственной культуры.

Пример использования данной модели для описания влияния орошения (табл. 1) и удобрений на урожайность яровой пшеницы для условий Калмыкии выполнен по данным работы [2]. Идентификация параметров модели выполнялась по алгоритму Хуга-Джифса.

Таблица 1. Исходные данные по урожайности яровой пшеницы (без удобрений/с удобрениями,  $N_{210}P_{70}$ ) 2002-2003 гг, используемая для идентификации параметров модели.

Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Сорт яровой пшеницы	Урожайность, т/га	
		2002 г.	2003 г.
1600	Безенчукская 200	3,91/6,28	3,41/5,58
2000	Безенчукская 200	4,69/6,36	4,23/6,02

Анализ адекватности модели показал, что модель (8) слабо реагирует на взаимодействие факторов, и для отображения эффекта синергизма (орошение и удобрения) необходимо использовать в описании прямое взаимодействие факторов и вводить дополнительный коэффициент  $k$ :

$$y_i = Y_i \cdot \left[ 1 - D \cdot (A_2 - k \cdot a_2 \cdot a_3)^{-g_2} \cdot (A_3 - a_3)^{-g_3} \right]. \quad (9)$$

После идентификации коэффициентов получено уравнение в следующем виде:

$$y_i = 68 \cdot \left[ 1 - 1,877 \cdot \left( \frac{2500 - 0,473 \cdot a_2 \cdot \left( \frac{50 + a_3}{300} \right)}{2920} \right)^{6,071} \cdot \left( \frac{250 - a_3}{300} \right)^{0,027} \right], \quad (10)$$

где  $a_2$  – оросительная норма, м<sup>3</sup>/га;  $a_3$  – доза азотных удобрений, кг/га. Результаты расчетов по полученной модели (10) приведены на рис. 1.

Аналогичные расчеты были выполнены по идентификации параметров статистической модели влияния доз азотных удобрений и глубины залегания грунтовых вод на урожайность яровой пшеницы (использовались данные, представленные в работе [4]). Результаты расчетов по модели представлены на рисунке 2.

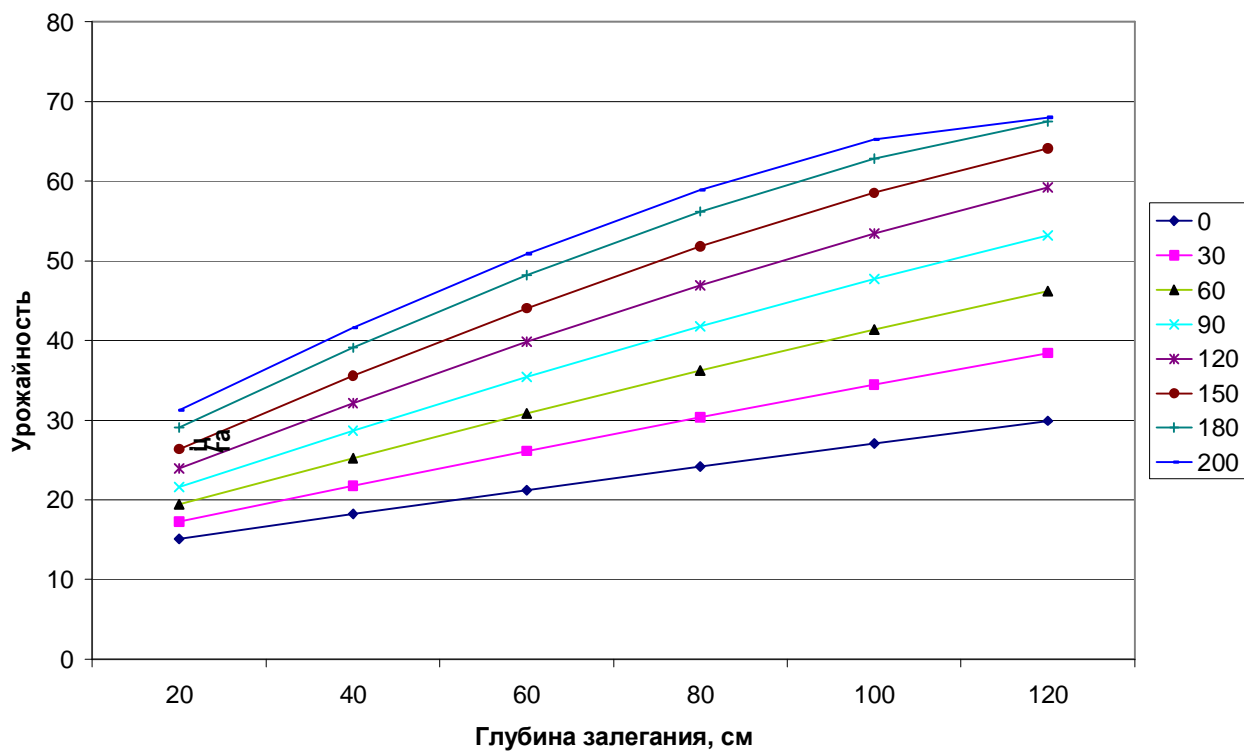


Рис. 1. Результаты расчета урожайности яровой пшеницы от оросительной нормы и доз удобрений с использованием модели (10). В легенде к рисунку указаны дозы азотных удобрений в кг/га.

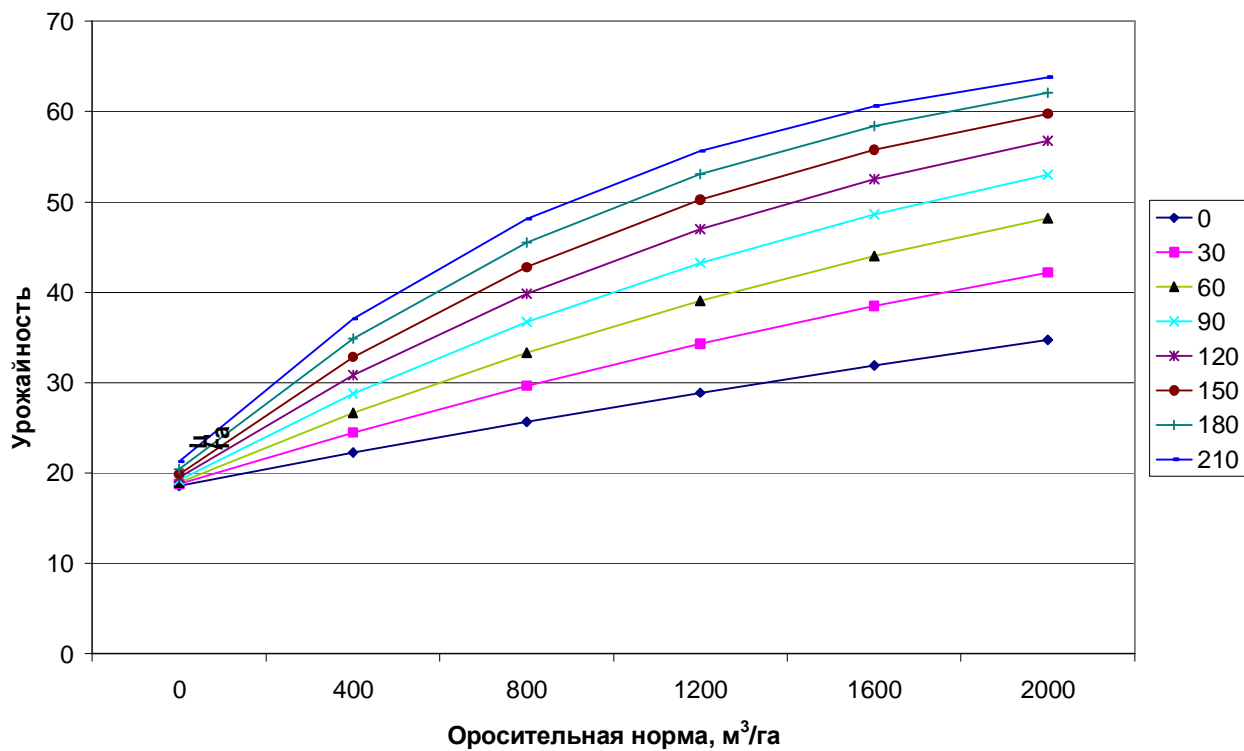


Рис. 2. Результаты расчета урожайности яровой пшеницы в зависимости от уровня грунтовых вод при внесении различных доз азотных удобрений. В легенде к рисунку указаны дозы азотных удобрений в кг/га.

Таким образом, использование модели для интерполяции и экстраполяции экспериментальных данных, полученных в полевых опытах, позволяет в широком диапазоне получить представление о влиянии нескольких факторов на урожайность сельскохозяйственных культур. Найденные зависимости с удовлетворительной адекватностью отражают характер влияния оросительной нормы, уровня грунтовых вод и доз вносимых азотных удобрений на урожайность яровой пшеницы. Использование такой модели для статистического описания влияния факторов среды на продуктивность агроценозов представляется перспективным.

#### Литература

1. Головатый В.Г., Добрачев Ю.П., Юрченко И.Ф. // Модели управления продуктивностью мелиорируемых агроценозов. М.: Россельхозакадемия, 2001.
2. Добрачев Ю.П., Мучкаева Г.М. Эколого-экономические аспекты разработки ресурсосберегающей технологии выращивания сельскохозяйственных культур при орошении. // Юбилейный сборник Мелиорация и окружающая среда. М. ВНИИА, 2004. С. 78-83.
3. Добрачев Ю.П., Матвеев А.В. Аппроксимация влияния агроэкологических факторов на продуктивность агроценоза. // Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы экологической безопасности и природопользования». М.: МГУП, 2005 (в печати).
4. Sigma L: Growth of closed green crop surface in the Netherlands. Neth. J. agric. Sc. 16: 1968 p. 211-216.

УДК 631.6:519.6

### **СОЗДАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ АГРОГЕОЦЕНОЗА НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ**

А.В. Ромко

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В данной работе рассматривается создание системы моделирования природно-мелиоративных процессов для управления агрогеоценозом на интенсивно используемых мелиорированных землях, для обеспечения высокой продуктивности и предупреждения загрязнения почв, поверхностных и подземных вод биогенными веществами.

Весь комплекс процессов в системе «атмосфера-растение-почва-грунтовые воды» можно разделить на модули взаимодействующие друг с другом. Такая модульная архитектура позволяет легко заменять блоки. Исходя из анализа существующих моделей, был выбран математический аппарат для построения достаточно детальной и согласованной модели агроценоза.

Для движения влаги в зоне аэрации, роста растений, эвапотранспирации был выбран математический аппарат, используемый в модели SWAP. При этом были сделаны следующие изменения:

1. Не моделируется влияние немобильных фракций воды.
2. Не учитывается влияние трещиноватости породы.
3. Не учитывается гистерезис функции влажности.

4. Не моделируются дренаж и поверхностный сток. Предполагается что дренаж действует ниже уровня грунтовых вод и таким образом будет рассчитываться моделью пространственной геофильтрации. Поверхностный сток также рассчитываться моделью пространственной геофильтрации.

5. Не используется метод масштабирования параметров. В SWAP этот метод используется для псевдотрёхмерных расчетов. В предлагаемой реализации трёхмерная зона аэрации разделена на вертикальные ячейки, в каждой из которых задача влагопереноса решается в одномерной постановке.

6. Не моделируется массоперенос. Для моделирования транспорта и трансформации азота предполагается использовать математический аппарат используемый в модели ANIMO.

7. Не моделируется перенос тепла.

8. Используется только простая (simple, в терминологии SWAP) модель роста растений.

Для расчёта фильтрации и массопереноса в зоне насыщения была выбрана трёхмерная модель nMtWolf, разработанная Санкт-Петербургским отделением ИГЭ РАН.

Расчёт движения влаги базируется на уравнении Ричардса

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = C(h) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial \left[ K(h) \left( \frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right]}{\partial z} - S(h), \quad (1)$$

где  $C$  – водоемкость  $\left( \frac{\partial q}{\partial h} \right) \left( \frac{1}{cm} \right)$ .

Запасы влаги рассчитываются по аналитической формуле Ван Генухтена

$$q = q_{res} + \frac{q_{sat} - q_{res}}{(1 + |ah|^n)^m}, \quad (2)$$

где  $q_{sat}$  - содержание влаги в насыщенной почве (см/см),  $q_{res}$  – остаточное содержание влаги в почве (см/см),  $n$  и  $m$  – аналитические коэффициенты.

Коэффициент фильтрации рассчитывается по формуле Муалема

$$K = K_{sat} S_e^l \left[ 1 - (1 - S_e^{1/m})^m \right]^2, \quad (3)$$

где  $K_{sat}$  - коэффициент фильтрации в насыщенной почве,  $S_e$  – относительное насыщение

$$S_e = \frac{q - q_{res}}{q_{sat} - q_{res}},$$

Верхнее граничное условие выбирается программой автоматически на основании текущего состояния модели и может быть задано потоком или напором на верхней границе. Поток воды в почве принят положительным в направлении вверх. Приток  $Q_{in}$  (см) определяется как:

$$Q_{in} = (q_{bot} - q_{top} - q_{drain}) \Delta t^j, \quad (4)$$

где  $q_{bot}$  – поток (расход) у основания почвенного профиля (см/сут);  
 $q_{top}$  – потенциальный поток на почвенной поверхности (см/сут);  
 $q_{drain}$  – поток дрены или траншеи (см/сут).

Потенциальный поток на почвенной поверхности:

$$q_{top} = q_{eva} - q_{prec} - \frac{h_{pond}}{\Delta t^j}, \quad (5)$$

где  $q_{eva}$  – потенциальное испарение с почвы (см/сут);

$q_{prec}$  – осадки (см/сут);

$h_{pond}$  – высота слоя воды на поверхности почвы (см).

В случае испарения максимальный поток ограничен как максимальный расход по уравнению Дарси,  $E_{max}$  (см/сут):

$$E_{max} = -K_{0,5} \left( \frac{h_{atm} - h_1^j - z_1}{\Delta z} \right), \quad (6)$$

$h_{atm}$  (см) – напор воды в почве в равновесии с преобладающей относительной влажностью воздуха:

$$h_{atm} = 13,3 \cdot 10^5 \ln \frac{e_{act}}{e_{sat}}, \quad (7)$$

где  $e_{act}$  и  $e_{sat}$  – фактическое и насыщенное давление пара соответственно (кПа).

В случае инфильтрации вводится условие регулируемого напора, если потенциальный поток на верхней границе  $q_{top}$  превышает максимум скорости инфильтрации  $I_{max}$  так же как и коэффициент фильтрации при полном насыщении пор водой  $h_{sat}$ .  $I_{max}$  (см/сут) рассчитывается как:

$$I_{max} = 2K_{0,5} \left( \frac{h_{pond} - h_1^j - z_1}{\Delta z_1} \right), \quad (8)$$

В качестве нижнего граничного условия принимается уровень грунтовых вод.

При расчётах учитываются отбор воды корнями

$$S_p(z) = \frac{T_p}{D_{root}}, \quad (9)$$

где  $D_{root}$  – толщина корнеобитаемого слоя (см);  $T_p$  – потенциальная скорость транспирации.

Действительный поток воды к корням  $S_a(z)$  (см<sup>-1</sup>) рассчитывается из

$$S_a(z) = d_{rw} S_p(z),$$

где  $d_{rw}(-)$  – ограничивающий факторами из-за водного стресса.

Расчёт суммарного водопотребления производится по уравнению Пенмана-Монтейта

$$I_w ET_p = \frac{10^{-4} \Delta_v (R_n - G) + 8.6410^6 r_{air} C_{air} (e_{sat} - e_{act}) \frac{1}{r_{air}}}{\Delta_v + g_{air} \left( 1 + \frac{r_{crop}}{r_{air}} \right)}, \quad (10)$$

где  $\lambda_v$  – энергия парообразования (Дж/гр),  $ET_p$  – потенциальная транспирация (см/сут),  $R_n$  – поток солнечной радиации (Дж м<sup>-2</sup> сут<sup>-1</sup>),  $G$  – поток почвенного тепла (Дж м<sup>-2</sup> сут<sup>-1</sup>),  $r_{air}$  – плотность воздуха (гр/см<sup>3</sup>),  $C_{air}$  – теплоёмкость воздуха (Дж гр<sup>-2</sup> °С<sup>-1</sup>),  $e_{sat}$  – давление насыщенного пара (кПа),  $e_{act}$  – фактическое давле-



ние пара (кПа),  $r_{\text{crop}}$  – сопротивление листовой поверхности (сек/м),  $r_{\text{air}}$  – аэродинамическое сопротивление (сек/м),  $\gamma_{\text{air}}$  – psychometric const (кПа °C<sup>-1</sup>).

Первая ступень включает расчет потенциальной транспирации по уравнению Пенмана-Монтейта, используя дневные температуры воздуха, величины солнечной радиации, скорости ветра и влажности воздуха и учитывая минимальный объем сопротивления листовой поверхности и фактическое аэродинамическое сопротивление воздуха. На второй ступени фактическая величина суммарного водопотребления определяется путем уменьшения отбора воды корнями растений из-за водного стресса при этом также учитывается снижение отбора воды корнями из-за максимальной величины испарения с поверхности почвы. Разделение потенциального суммарного водопотребления на потенциальную транспирацию и потенциальное испарение основывается на введении индекса площади листовой поверхности.

Потенциальная величина испарения с поверхности почвы ограничивается максимальной величиной испарения по Дарси.

При расчете урожайности в модели задаются индекс листовой площади, высота растения и глубина корнеобитаемого слоя как функции фазы развития, которые являются линейными во времени. Расчет производится по формуле

$$\frac{y_a}{y_m} = \prod_{i=1}^n \left[ 1 - K_{yi} \left( 1 - \frac{ET_{aj}}{ET_{mj}} \right) \right], \quad (11)$$

где  $j$  – фаза развития растения;  $n$  – число фаз развития;  $y_a$  – фактический урожай, кг/га;  $y_m$  – максимальный урожай, кг/га;  $ET_a$  – фактическое суммарное водопотребление, мм;  $ET_m$  – максимальное суммарное водопотребление, мм;  $K_{yi}$  – фактор урожайности.

Для расчёта процессов в зоне аэрации создана квазитрёхмерная модель в плане с ГИС-оболочкой. Моделируемый участок разбивается сеткой, в каждой ячейке которой поставленные задачи решаются в одномерной постановке (т.е. не предполагается взаимодействие ячеек).

Сравнительные тесты модели влагопереноса со SWAP показали достаточно высокую степень сходимости результатов.

Модель зоны аэрации рассчитывает расход воды на уровень грунтовых вод. Эти данные используются в качестве входных для трёхмерной модели движения грунтовых вод.

Выполнена стыковка модели зоны аэрации с трёхмерной моделью движения грунтовых вод. Поток на уровень грунтовых вод, рассчитанный моделью зоны аэрации использован в качестве входных данных для nMtWoIF. Также будет добавлена модель транспорта и трансформации азота. Тогда на вход nMtWoIF дополнительно будут подаваться концентрации соединений азота и будет рассчитываться перенос этих веществ в грунтовых водах.

В качестве объекта для исследований был выбран участок К-14 АОЗТ «Куликовский» Дмитровского района Московской области. Участок расположен в правобережной части поймы р. Яхромы, между старым руслом р. Яхромы и её спрямлённым руслом. Общая площадь участка составляет – 90 га брутто и 86 га нетто. Использование территории предусматривается под пашню в овощном

севообороте. Пойма р. Яхромы имеет преимущественно равнинный рельеф с многочисленными понижениями различной конфигурации, чередование которых с более возвышенными формами создаёт бугристо-западинный микрорельеф территории.

В геологическом строении участка принимают участие современные аллювиальные отложения, которые целиком заполняют пойму р. Яхромы. В верхней части разреза преобладают суглинки, которые неоднородны по гранулометрическому составу, местами содержат прослой и линзы песков, супесей и глин различной мощности. Отмечены единичные случаи залегания песков мощностью до 3-4 метров, залегающих с поверхности. Суглинки преимущественно оторфованные как с поверхности, так и на различной глубине. На изучаемой территории отмечаются погребённые торфа, иногда с прослоями сапропеля мощностью до 1,5 м.

Грунтовые воды пресные, имеют повсеместное развитие и приурочены к современным аллювиальным пескам, суглинкам и торфам, суммарная мощность которых составляет 5-10 м. Питание водоносного горизонта осуществляется за счёт притока грунтовых вод с прилегающих к объекту территорий. Водоупором служат тугопластичные суглинки, залегающие в основании обводнённой толщи.

После создания адекватной модели агрогеоценоза предполагается верификация решаемых задач по данным, полученным при полевых исследованиях на выбранном объекте. Затем будут проведены сценарные исследования, на основе которых будут получены зависимости урожайности от оросительной нормы и нормы внесения минерального азота и даны рекомендации по оптимальному режиму орошения и нормам внесения удобрений с целью получения экологически чистой сельскохозяйственной продукции и предотвращения загрязнения окружающей среды.

УДК: 631:6

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОНИТОРИНГА МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

А.К. Чернышев

САНИИРИ, Ташкент, Республика Узбекистан

Информационное обеспечение системы управления административных органов данными о фактическом мелиоративном состоянии орошаемых земель в настоящее время в республике приобрело актуальное значение. Снижение урожайности основной культуры (хлопчатника) до критических пределов в регионах подверженных вторичному засолению ставит этот вопрос на первый план. Влияние минерализации воды на изменение категории засоления земель от времени показано на рисунке 1.

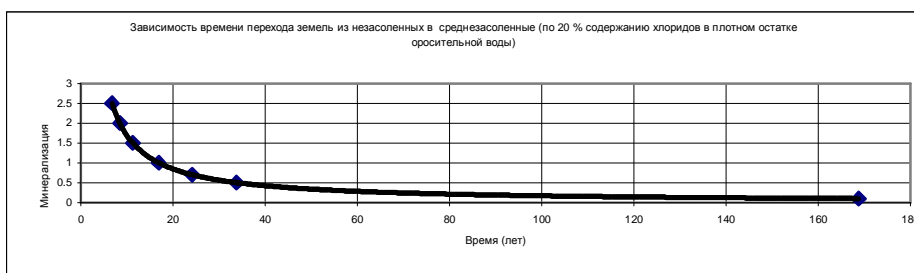


Рис. 1. Зависимость времени перехода орошаемых земель из незасоленной категории в средnezасоленную категорию от степени минерализации оросительной воды при 20 % содержании хлоридов в плотном остатке

Переход на новую сельскохозяйственную политику – создание вместо обанкротившихся колхозов и совхозов сотни фермерских хозяйств с наделами от 1 до 100-150 га требует изменения отношения к сбору, хранению, обработки и анализу информации о состоянии засоления земель, залегания уровня и минерализации грунтовых вод, условий обеспечения оросительной водой, агротехнических мероприятий, биологических методов защиты растений и т.д. на новый прогрессивный информационно технологический уровень.

Одновременно с созданием фермерских хозяйств, в республике приняты принципы управления водными ресурсами в составе бассейновых территориальных управлений ирригационных систем. По замыслу, такие ирригационные системы должны обеспечить оптимальные режимы водопользования дехканских хозяйств и обеспечить надлежащее мелиоративное состояние подкомандных орошаемых земель в контуре ирригационной системы.

Интенсивное развитие исследования влияния степени засоления на состояние и урожайность поливных культур получили в шестидесятых семидесятых годах в связи с интенсивным освоением земель. Результатом исследований в 1978 г. стали «Методические рекомендации по контролю за мелиоративным состоянием земель». Основным методом исследования состоит в анализе взятых с установленной плотностью отбора почвенных образцов, которые исследуются на плотный остаток или на содержание ионов хлора или натрия. При рекогносцировочных обследованиях используется оценка степени засоления почв на основе, главным образом, визуальных наблюдений за состоянием и урожайностью поливных культур.

До настоящего времени сложившаяся система мониторинга мелиоративного состояния орошаемых земель Республики Узбекистан предполагала минимальными усилиями в рамках существующей уже не отвечающей духу времени технологии мониторинга получить соответствующие данные и знания о засолении почв путем анализа на засоление 3-х образцов почвы из одной точки опробования. При этом площадная плотность получения данных составляла 1-ую точку опробования на 50-100 га! При таком, так называемом, мониторинге

знания о засолении земель носят лишь экспертный характер в условных точках и не дают фактического представления о реальном площадном распределении засоления на поливных участках.

В связи с измельчением орошаемых контуров дехканских (фермерских) хозяйств возникла настоятельная жизненная потребность увеличения, практически на порядок, заложения точек отбора проб. При этом возникает требование оценки мелиоративного состояния каждого гектара орошаемого контура, выделенного в аренду фермеру и построения картограмм.

В условиях принятой технологии оценки распространения засоления почв, уровня и минерализации грунтовых вод внутри поливных контуров задача невыполнимая без применения новой технологии.

Она заключается в следующем:

1. Получение данных о засолении почвы, оросительных грунтовых и коллекторных вод непосредственно на поле с использованием кондуктометров. Такой подход и кондуктометры типа «ИКС-Экспресс Т» и «Прогресс 1Т» разработаны в лаборатории почвенных исследований и промывок института САНИИРИ им. В.Д. Журина (Узбекистан). Использование кондуктометров позволяет исключить из технологического цикла оценки засоления лабораторные исследования. Упрощается расчет норм воды на промывки. В качестве примера приведена зависимость урожайности хлопчатника от электропроводности почвы (рис. 2). Используя кондуктометр в качестве датчика электропроводности и, зная связь урожайности с электропроводностью соответствующей культуры, можно управлять процессом засоления почв и оптимально регулировать режим орошения в период вегетации.

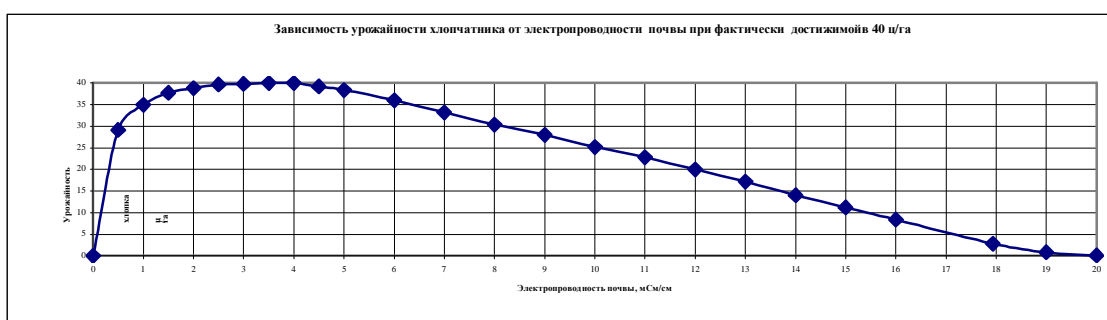


Рис. 2. Зависимость урожайности хлопчатника от электропроводности почвы при фактически достижимой урожайности 40 ц/га

2. Группы специалистов, работающие в поле с кондуктометрами, оснащаются GPS навигаторами для привязки точек опробования к выбранным географическим координатам. Навигация необходима для ввода в ГИС и ведения базы данных.

3. За лабораториями бассейновых гидрогеолого-мелиоративных экспедиций остаются обработка 2-3 % образцов почвы по бассейну для оценки химизма,

выборочного контроля за проводимыми полевыми отрядами кондуктометрическими измерениями и обеспечение поверочных работ используемых в экспедиции кондуктометров с целью обеспечения их паспортных характеристик. В условиях рыночных отношений, лаборатории могут проводить по заказам арендаторов дополнительные исследования почв на наличие стандартного набора питательных элементов, гумуса и микроэлементов.

4. Для уменьшения объема рекогносцировочных работ (обследований) на 90-95 % перед проведением контроля полей на распределение засоления настоятельно рекомендуется использовать космические снимки (например, IRS 1С) на два периода: март – апрель и август – первая декада сентября. Затраты на приобретение снимков не превышают 15-20 центов на га. На основе снимков могут выполняться покрытия слоев в ГИС, производится анализ мелиоративного состояния земель, размещаться точки исследования на засоление и уровень грунтовых вод. Во много раз облегчается анализ результатов и его вывод в графической форме и наглядность.

5. Разработка и эксплуатация ГИС. Бассейновые ГГМЭ оснащаются современными вычислительными средствами и программными продуктами для разработки и эксплуатации ГИС. В качестве программных продуктов могут быть использован программный пакет ArcView V.3.2, Geotransformer V.4.2 или иные программные продукты. Создание и эксплуатация ГИС позволит упорядочить большие информационные потоки и представить их в ясной для понимания графической форме и использования результатов в целях управления ресурсами.

6. Управление мониторинга Министерства сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан обеспечивается техническими средствами в соответствии с П.5. Для него разрабатывается ГИС БГГМЭ БУИС. Управление синхронизирует весь процесс разработки и эксплуатации в соответствии с планом реализации предлагаемого проекта. На рисунке 3 показана блок схема мониторинга Бассейнового управления ирригационной системы.

Для Управления мониторинга минсельводхоза блоков ГИС равно числу БУИС

7. Обучение. Наиболее важный элемент перехода мониторинга мелиоративного состояния орошаемых земель. Без подготовленных кадров решить вопросы перехода на новый комплекс технологии мониторинга практически невозможно. Для решения этой цели в Министерстве сельского и водного хозяйства республики целесообразно создание республиканского Центра подготовки кадров с такими направлениями обучения, как использование кондуктометрических методов, навигационных приборов GPS, анализа космических снимков, ведения баз данных и ГИС технологии.

Что касается кондуктометров, то в настоящее время разработаны и производятся под заказ два типа простых в обслуживании прибора, которые уже используются в производстве.

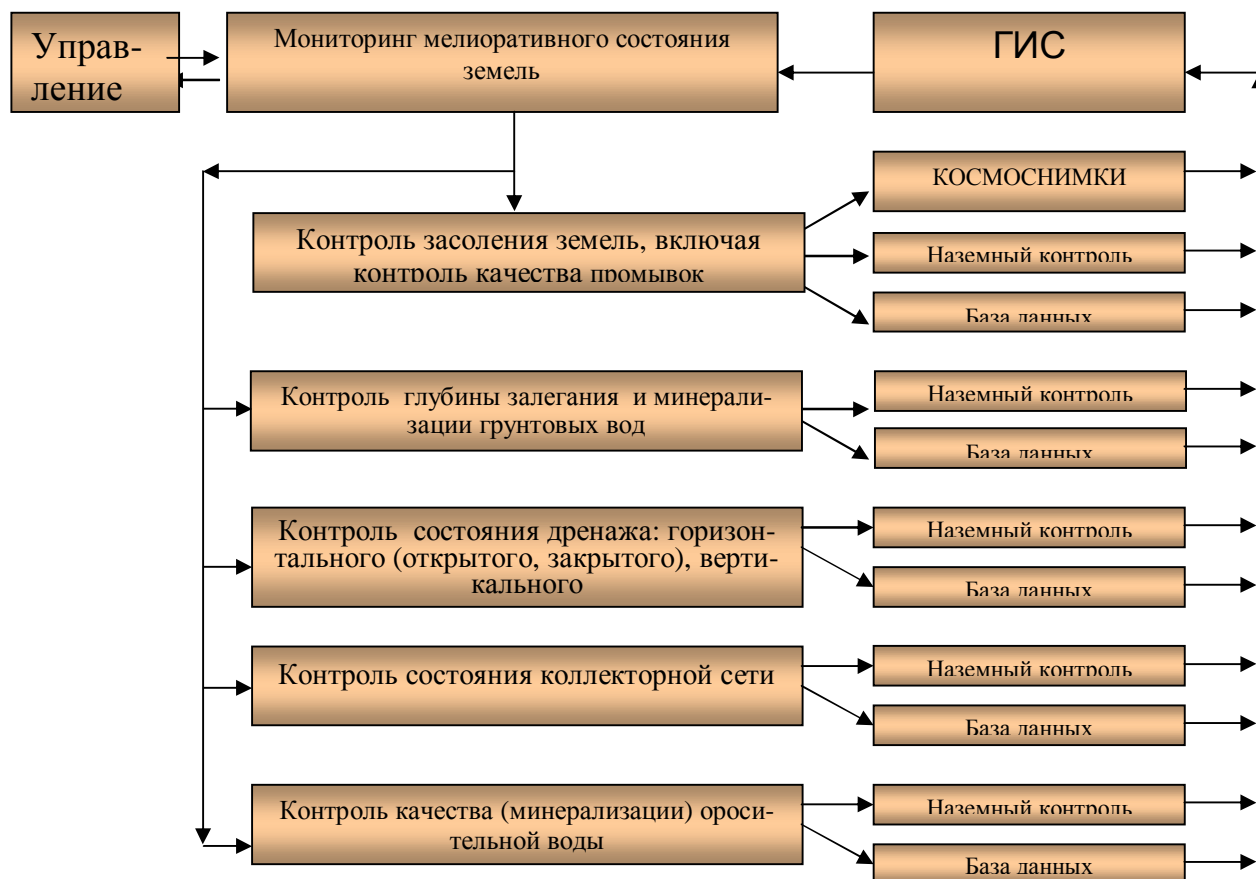


Рис. 3. Блок-схема мониторинга основных элементов БУИС, ответственных за качество мелиоративного состояния земель

Кондуктометр «ИКС-Экспресс Т» измеряет небольшие (20-40 г) образцы почвы и воды на электропроводность – содержание солей. Для получения образцов требуется бурение для взятия образцов, представляющую собой трудоемкую технологическую операцию. Он также измеряет температуру исследуемых образцов.

		
<p>Фото 1. Общий вид кондуктометра-солемера-термометра «ИКС-Экспресс Т»</p>	<p>Фото 2. Измерение образца воды или почвенной суспензии в стаканчике. Фото 2 - Измерение образца воды или почвенной суспензии в стаканчике</p>	<p>Фото 3. Вид штыревого кондуктометра с дипольным электродом. На фото активная часть погружена на глубину 1 м</p>

Использование штыревого кондуктометров весьма эффективно, так его конструкция позволяет работать в поле без использования бура и оценить ситуацию по степени засоления почвы.

Измеряет электропроводимость всех видов вод, а при наличии тарировочного графика в водах можно определить количество солей в г/л.

В приборах используется единица измерения равная мСм/см (дСм/м).

### **Заключение**

- Использование кондуктометров позволяет использовать методику FAO, что значительно упрощает получение наземных данных о засолении почв.
- Кондуктометры окупаются после проведения 300-400 измерений.
- Дальнейшее совершенствование мониторинга орошаемых земель и получение более достоверных знаний о состоянии засоления и динамике процессов засоления в перспективе практически невозможно без использования современных средств и цифровых технологий накопления, хранения, обработки, пространственного представления результатов, быстрого поиска нужных блоков информации, анализа и визуального представления в виде картограмм фермерских хозяйств, карт засоления района и области.
- ГИС позволяет представить итоговый материал в кратчайшее время и в нужной форме. Станет возможной передача информации по цифровым каналам связи в удобно представленной форме информации органам контроля и планирования ресурсами. Качественное знание состояние о поливных участках позволит оптимально управлять водными ресурсами, а в необходимых случаях и инвестициями.

УДК 628.113

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КАСКАДА ВОЛЖСКО-КАМСКИХ ГИДРОУЗЛОВ**

А.О. Щербаков,

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия;

Г.Х. Исмайылов

МГУП, Москва, Россия

В настоящее время в бассейне р. Волги сформировалась сложная водохозяйственная система, включающая множество рассредоточенных на большой территории объектов управления. Учитывая сложность современной схемы водопользования, требуется разработка и внедрение автоматизированной информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по управлению водными ресурсами Волжско-Камского каскада (ВКК) гидроузлов (ИАУС–КАСКАД). ИАУС–КАСКАД должна обеспечить подготовку и согласование взаимоприемлемых решений на основе единого бассейнового подхода,

сочетающего, с одной стороны, интересы субъектов РФ, а с другой интересы всех участников водохозяйственного комплекса, включая гидроэнергетику, водный транспорт, рыбное хозяйство и др.

Назначение ИАУС–КАСКАД - совершенствование процесса управления водными ресурсами за счет применения современных информационных технологий на базе высокоэффективных технических средств. Система управления водными ресурсами с использованием ИАУС–КАСКАД рассматривается как человеко-машинная система, основанная на разумном сочетании формальных методов принятия решений и использования накопленного опыта, знаний и интуиции лиц, ответственных за подготовку и принятия решений. Сама ИАУС–КАСКАД строится на основе развития инструментария и системы процедур, обеспечивающих возможность всестороннего анализа решений, принимаемых в рамках оперативного управления и перспективного планирования.

Важное значение представляет установление отдельных частей и подсистем, а также отдельных элементов ИАУС-КАСКАД. ИАУС-КАСКАД представляет собой сложную систему, состоящую из функциональной и обеспечивающей частей. Функциональная часть содержит комплекс прогнозных, водно-экономических, технологических и организационных методов, реализующих решение задач управления в системе. Обеспечивающая часть состоит из информационного, математического, программного и технического обеспечения, а также организационного обеспечения, включающего правовые вопросы.

Информационно-функциональную схему задачи управления водными ресурсами Волжско-Камского каскада гидроузлов можно представить в виде четырех взаимосвязанных блоков (рис. 1). В первом блоке формируются данные о гидрологических, водохозяйственных, энергетических, народнохозяйственных и экологических объектах, необходимые для моделирования режима функционирования Волжско-Камского каскада гидроузлов (ВКК). Второй и третий блоки являются функциональными и должны моделировать режимы работы ВКК в период половодья и в текущем году. Последний блок подготавливает информацию для диспетчерского управления ВКК. Здесь же осуществляется корректировка режимов работы ВКК, полученных во втором и третьем блоках.

Для разработки и тиражирования типового программного обеспечения, которое может быть положено в основу ИАУС–КАСКАД, необходимо определить типовую структуру основных подсистем и решаемых задач, унифицировать принципы информационного обеспечения, а также определить единые требования к общесистемному математическому обеспечению и составу технических средств. Решение этих задач возможно на основе создания базовой имитационной модели функционирования Волжско-Камского каскада водохранилищ с ГЭС.

Повышение эффективности использования водных и гидроэнергетических ресурсов Волги и Камы достигается в результате проведения ряда мероприятий:



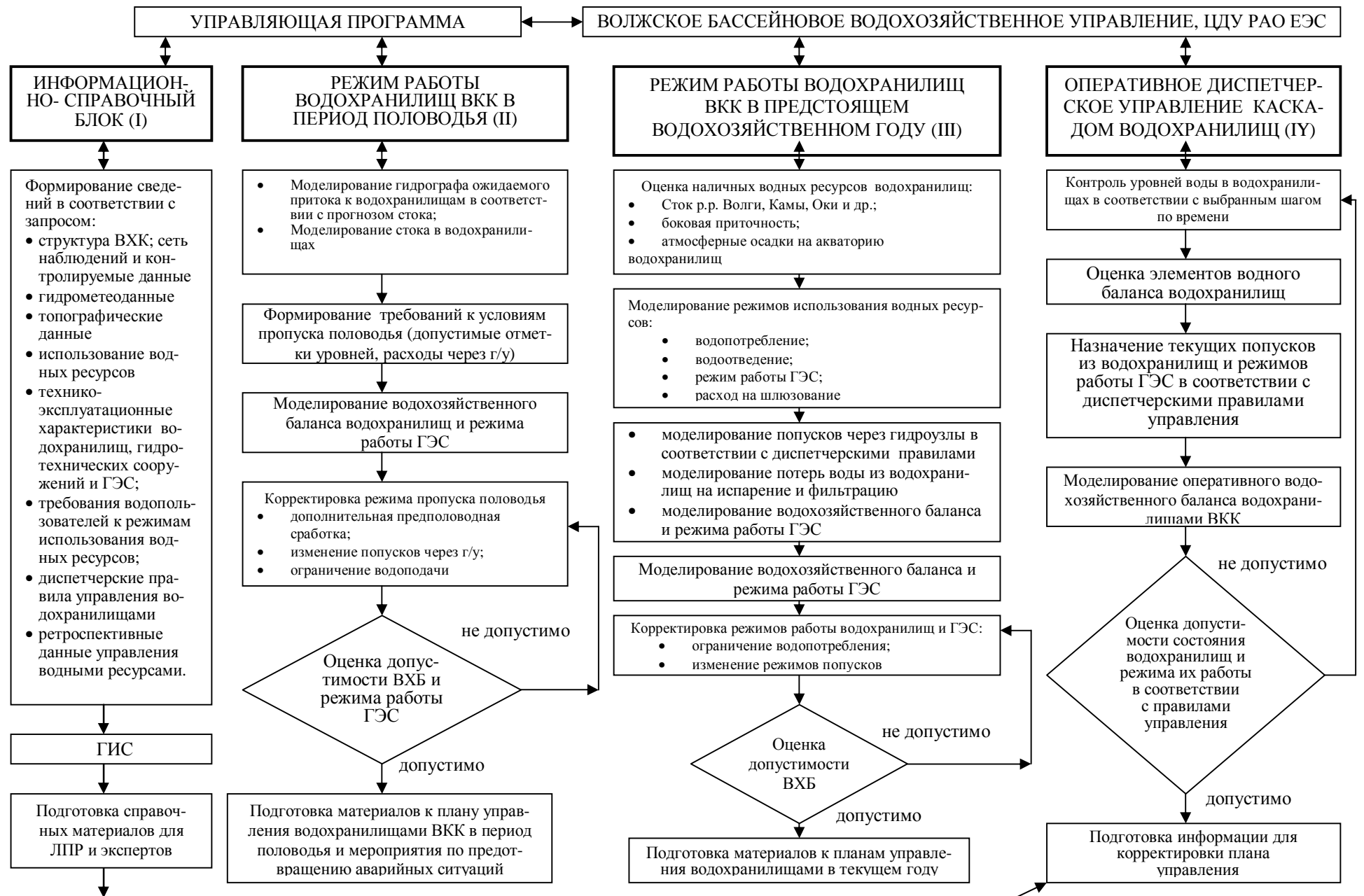


Рис. 1. Информационно-функциональная схема задачи управления Волжско-Камским каскадом водохрани-

♣ усовершенствования методики прогнозирования, планирования и управления распределением водных ресурсов бассейна, а также усовершенствования методики водно-энергетических расчетов на основе новейших достижений науки в области исследований больших водохозяйственных систем. Применение системного подхода и методов оптимизации при широком использовании современных ПЭВМ, комплекса технических средств (КТС) и методов анализа исходной информации позволят распределять водные ресурсы более рационально, чем это удастся по принятой в настоящее время методике планирования и управления режимом работы ВХС;

♣ организационной структуры управления использованием и охраной водных ресурсов, включая определение функции и права отдельных органов и назначение технических средств;

♣ методов сбора, передачи и анализа информации с учетом требований СППР-КАСКАД бассейна к точности и оперативности информации. При этом особое внимание должно быть уделено исследованиям влияния точности исходной информации на результаты расчета по моделям систем;

♣ выявления задач, от решения которых можно ожидать наибольшего экономического эффекта при дальнейшем развитии единой системы моделей управления ВХС.

В соответствии с указанным, первая очередь ИАУС–КАСКАД бассейна р. Волги представляет единый комплекс программ с использованием современных автоматических средств сбора, передачи и обработки данных, обеспечивающий экспертов и ЛПР, которые управляют водораспределением в бассейне и режимами работы гидроузлов каскада, консультативными материалами по различным задачам.

Организационную структуру ИАУС-КАСКАД предлагается строить по иерархическому принципу, в соответствии с которым система подразделяется на несколько уровней, или рангов иерархии, каждый из которых подчиняется ближайшему верхнему и осуществляет контроль за ближайшим нижним. На самом верхнем уровне располагается центральный диспетчерский пункт управления (ЦДПУ). ЦДПУ охватывает весь бассейн реки и объединяет локальные системы следующего уровня, каждая из которых охватывает часть бассейна (один или несколько водохозяйственных объектов или административных подразделений). На третьем уровне в качестве относительно самостоятельных объектов могут выделяться крупные водохранилища с ГЭС, комплексные гидроузлы или балансовые участки.

Рассмотрим назначение основных элементов ИАУС-КАСКАД и некоторые результаты ее разработки. **Геоинформационная система** (ГИС) – предназначена для хранения и обработки картографической информации и связанных с ней баз данных. В качестве основного программного средства при создании ГИС Волжско-Камского каскада используется среда ArcView компании ESRI. Дополнительно во ВНИИГиМ разработан ряд программных продуктов, облегчающих ее использование для задач гидравлики. Наиболее важным набором данных в ГИС является цифровая модель рельефа (ЦМР). В рамках создания ГИС р.Волги была создана ЦМР ее долинной части от г. Твери до Чебоксарско-

го гидроузла, включающая Ивановский, Угличский, Рыбинский, Нижегородский, Чебоксарский гидроузлы общей протяженностью порядка 1200 км [1].

Модель рельефа реализована на основе крупномасштабных топографических карт, дополненных в русловой части лоцманскими картами, что обеспечило ее высокую точность. Модель служит источником высокоточных топографических данных для решения многих задач, основные из которых – гидравлические расчеты и отображение территорий затопления долины реки.

**Гидрологические модели** формирования стока с поверхности водосбора используются для расчета значения бокового притока в водохранилища каскада гидроузлов с целью последующего прогнозирования трансформации речного стока в них. Могут быть использованы известные модели с сосредоточенными параметрами, а также современные модели с рассредоточенными параметрами [2].

**Гидродинамические модели** представляют собой набор программ, позволяющих рассчитывать уровни, скорости и другие параметры речного потока в русле и при выходе на пойму, и основываются на численном решении уравнений Сен-Венана для течения воды в реках, каналах и эстуариях. Такой метод хорошо адаптирован для рукавной речной системы и для квазидвухмерного моделирования течений на затопленных поймах.

В рамках реализации Проекта «Волга-Рейн» выполнялась адаптация предполагаемых гидродинамических моделей расчета параметров руслового потока [1]. В стадии разработки и апробации находится модель Университета Карлсруэ (ФРГ), учитывающая характерные особенности гидравлики водохранилищ волжских гидроузлов [3]. В процессе отладки модели используются гидрологические данные (расходы, уровни), получаемые из **базы гидрологических данных**, содержащей сведения за различные годы наблюдения. Также из нее могут быть получены данные для сравнения прогнозируемых гидрологических ситуаций и уже существовавших ранее. **Текущие значения расходов и уровней**, получаемые с водомерных постов, используются в качестве входных данных при моделировании текущей ситуации. Полученные в результате моделирования уровни воды служат основой для определения и **отображения площадей затопления**. Отображение (визуализация) происходит как с помощью встроенных средств ГИС, так и с помощью дополнительного программного обеспечения, например, средств трехмерной компьютерной графики.

При помощи ЦМР и построенной на ее основе гидродинамической модели возможно высокоточное определение площадей затопления и создание карт глубин при различных режимах эксплуатации каскада гидроузлов в оперативном режиме. Пакет программ поддержки принятия решений позволяет эффективно моделировать ситуации, возникающие при различных режимах эксплуатации каскада волжских гидроузлов. Графический интерфейс системы и наличие интерактивного режима работы способствует оперативному принятию управленческих решений.

**Модель регулирования** пропуска воды через гидроузлы строится на расширении Simulink в системе Matlab [4]. MATLAB является открытой рабочей

и инструментальной средой для различных видов научно -технических расчетов. Расширяющим модулем программы MATLAB является ориентированная на структурные схемы программа Simulink - интерактивная инструментальная среда для моделирования и имитации динамических систем. С помощью Simulink могут быть имитированы линейные, нелинейные, дискретные по времени, непрерывные и гибридные модели. Программа открыта для дополнительных программных модулей, например, гидрологических и гидродинамических моделей формирования и трансформации стока в водохранилищах ВКК.

Во ВНИИГиМ совместно с Московским государственным университетом природообустройства, Институтом водного хозяйства и культуртехники университета Карлсруэ (ФРГ) и рядом других организаций проводятся следующие научно-исследовательские работы по моделированию ВКК:

- ♣ разработка архитектуры и структуры базы данных, единого интерфейса пользователей ГИС КАСКАД в соответствии с предлагаемой информационно-функциональной схемой задач и управления ВКК;

- ♣ разработка топологии Волжско-Камского каскада с включением в его структуру всех основных гидрологических, водохозяйственных, водноэнергетических, народнохозяйственных и природных объектов с учетом информационной связи между ними;

- ♣ оценка доступных систем программирования с целью выбора в качестве инструментальных средств разработки ГИС КАСКАД и пакета прикладных программ. Создание вспомогательных программ для решения промежуточных задач по обработке данных;

- ♣ проектирование и создание основной оболочки ГИС КАСКАД для работы под Windows;

- ♣ разработка оригинальных программных средств отображения результатов расчетов в виде, удобном для ЛПР и других пользователей;

- ♣ наполнение основных информационных фондов ГИС КАСКАД (гидрометеорологического, эколого-экономического, водохозяйственного и водноэнергетического);

- ♣ разработка системы помощи по использованию программных средств и методам обработки данных;

- ♣ разработка и апробация модели регулирования на Верхневолжском участке ВКК;

- ♣ составление программ обучения методологии управления работой ВКК для специалистов и лиц, ответственных за принятие решений.

## Литература

1. Щербаков А.О., Румянцев И.С., Талызов А.А., Ермаков Г.Г., Разработка имитационной модели каскада волжских гидроузлов. М.: Мелиорация и водное хозяйство, №1, 2004.
2. Кучмент Л.С. Математическое моделирование речного стока. Л., Гидрометеоздат, 1972, 192 с.
3. Система поддержки принятия решений DSS-Wolga. Руководство пользователя. Университет Карлсруэ, 2003 г.

4. Дьяконов В. "Matlab 6/6.1/6.5 Simulink 4/5 Основы применения. Полное руководство пользователя", Москва, СОЛОН-Пресс, 2002.

УДК 631.6

## **ГИС ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТАРИЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ**

Ю.А. Хомутов

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

При прогнозировании развития комплексных мелиораций, мы сталкиваемся со сложностью получения необходимой информации. Трудности в первую очередь вызывает сложившаяся практика формирования агроклиматической информации по природным зонам страны, а социально-экономической информации в привязке к административному делению РФ. Методические подходы к решению этой проблемы предлагаются в настоящей работе.

При разработке прогноза и определении основных направлений развития комплексных мелиораций в субъектах Российской Федерации были использованы ГИС-технологии, статистические данные по субъектам РФ, данные по агроэкологической оценке пахотных почв РФ [Булгаков Д.С., 2002], методика оценки прироста потенциальной продуктивности агроландшафта при мелиорации сельскохозяйственных земель [Пегов, Хомяков, 1991], методики оценки эффективности инвестиционных проектов [Виленский П.Л., В.Н. Лившиц, 2001].

На основе этой информации рассчитаны площади мелиорируемых земель по видам необходимых для них мероприятий: орошение и осушение, агрохимические мелиорации, влагонакопление, сохранение и накопление гумуса, борьба с различными видами эрозии и оврагообразованием, профилактика и борьба с засолением, кислотностью и солонцеватостью, терморегуляция и др.

Интегрированная информационная база позволяет выполнять расчеты по оценке общественной экономической эффективности комплексных мелиораций. Результаты этих расчетов могут служить основой для принятия решений о государственной поддержке развития и размещения мелиорации на территории РФ в целях обеспечения продовольственной безопасности страны, рационального природопользования и охраны окружающей среды.

Совмещение методов моделирования с методами компьютерного картографирования позволило создать новую карту - агромелиоративного районирования территории, содержание которой позволило выявить тенденции и перспективные направления развития и размещения комплексных мелиораций, рассчитать площади элементов комплекса для субъектов РФ в каждом из видов мероприятий.

В интегрированную информационную базу вошли:

- данные агроэкологического районирования пахотных земель;
- статистические данные по учету земельных ресурсов;

- статистические данные по экономике агропромышленного комплекса, включая объемы инвестиций в сельское хозяйство;
- данные переписи сельского населения в 2002 г.;
- расчетные данные об удельном количестве сельхозугодий и пашни на одного сельского жителя;
- данные мелиоративного кадастра;
- расчетные данные потенциальной продуктивности агроландшафтов для условий «без мелиорации» и «при мелиорации»;
- расчетные данные по экономической эффективности мелиораций.

В качестве примера рассмотрим Центральный федеральный округ.

Центральный Федеральный округ общей площадью 65,0 млн. га имеет 33,6 млн. га сельхозугодий, из которых 24 млн. га пахотных земель, расположены в пределах трех агро мелиоративных регионов:

- Центрального таежно-лесного (код 7) – 8,4 млн. га;
- Центрального лесостепного (код 13) – 14,3 млн. га;
- Центрального степного (код 20) – 1,3 млн. га.

В округе имеется 0,6 млн. га залежных земель, 0,5 млн. га многолетних насаждений, 2,6 млн. га сенокосов; 5,8 млн. га пастбищ. Лесные массивы занимают 23,6 млн. га, болота - 1,2 млн. га.

В округе по состоянию на 01.01.04 г. имеется 1,97 млн. га орошаемых и осушенных земель (6% от площади сельхозугодий), в том числе 0,51 млн. га орошаемых, из которых 0,39 млн. га (76%) не поливалось, и 1,46 млн. га осушенных, из которых 0,15 млн. га (10%) не использовалось.

Средняя по округу продуктивность агроландшафтов в зерновом эквиваленте в 2000-2003 гг. колебалась в значительных пределах от 1,65 т/га (в 2000 г.) до 2,32 т/га (в 2002 г.).

Численность постоянного сельского населения 7,6 млн. чел. На одного сельского жителя приходится 4,4 га сельхозугодий, в том числе 3,2 га пашни.

Перечисленные параметры вошли в базу данных по каждой области, входящей в Центральный Федеральный округ: Белгородской, Брянской, Владимирской, Воронежской, Ивановской, Калужской, Костромской, Курской, Липецкой, Московской, Орловской, Рязанской, Смоленской, Тамбовской, Тульской, Ярославской.

Пример распределения площади пашни в субъектах РФ, входящих в Центральный Федеральный округ, по агро мелиоративным регионам представлен в таблице 1 на примере Белгородской, Брянской и Владимирской областей.

Таблица 1. Распределение площади пашни в Белгородской, Брянской и Владимирской областях по агро мелиоративным регионам

Субъекты федерации	Код	Площадь пашни, тыс. га			
		Всего	Агро мелиоративные регионы		
			7	13	20
Белгородская область	31	1653,6	0	1240,2	413,4
Брянская область	32	1161,9	697,1	464,8	0
Владимирская область	33	645,5	645,5	0	0

Характеристики почвенного покрова и климата агромелиоративных регионов входящих в ЦФО также вошли в базу данных.

В качестве примера представлено описание Центрального таежно-лесного агромелиоративного региона ( код 7): почвенный покров пашни на 90% состоит из дерново-подзолистых почв и на 10% из тундровых подбуров. Обеспеченность почв минеральным азотом низкая и средняя, фосфором - низкая, калием - низкая и средняя. Климат умеренно континентальный (по Иванову 145-170), периодически избыточно влажный (коэффициент увлажнения по Иванову составляет от 1,0 до 1,33), сумма годовых осадков колеблется от 500 до 800 мм), средне обеспеченный теплом (среднегодовая температура воздуха составляет 2-3<sup>0</sup>С, сумма температур воздуха более 10<sup>0</sup>С от 1600 до 2400, почвы на глубине 0,2 м от 1650 до 2600, продолжительность периода с температурой воздуха более 10<sup>0</sup>С составляет 100-150 суток), с умеренно холодной, мало и умеренно снежной зимой (температура воздуха самого холодного месяца колеблется от -8 до -17<sup>0</sup>С, почвы на глубине 0,2 м -1...-4<sup>0</sup>С, высота снегового покрова составляет 50-80 см).

По каждому субъекту РФ определены площади земель, относящихся к тому или иному агромелиоративному региону, и определены потребности в комплексных мелиорациях. Суммарная потребность в комплексных мелиорациях ЦФО РФ представлена в таблице 2.

Таблица 2. Суммарная потребность в комплексных мелиорациях в в пределах Центрального Федерального округа, млн. га

округ\ виды мелиорации	А	В	Г	И	Кд	Ки	О	Э
Центральный Федеральный округ	17,8	9,5	15,19	9,37	1,66	5,63	1,69	7,15

В таблице: А - Агрохимические мелиорации (внесение фосфора, азота, калия и микроэлементов); В - Влагонакопление (лесные полосы, кулисные посе- вы, снегозадержание и др.); Г- Гумусосохранение и гумусонакопление (травы, сидераты, компостирование, навоз и др.); И - Орошение (поверхностное, дож- девание, лиманное и др.); Кд - Доломитизация; Ки - Известкование; О - Осуше- ние (дренаж, двойное регулирование, польдеры и др.); Э - Предотвращение эрозии, оврагообразования, плоскостного и ирригационного смыва.

Выполненные расчеты показали, что для реализации потребности в ком- плексных мелиорациях на территории ЦФО РФ необходимые инвестиции со- ставляют не менее 40 млрд. руб. в год. Это примерно равно среднегодовым ин- вестциям в основной капитал на развитие сельского хозяйства и ввод в дейст- вие производственных мощностей за период 2000-2003 гг. в Российской Феде- рации. Данное обстоятельство полностью исключает возможность реализации стратегии развития мелиорации в округе по такому тотальному сценарию.

В сложившейся финансовой ситуации в РФ наиболее сильным ограниче- нием на множество допустимых стратегий являются именно инвестиции, кото- рые могут быть направлены в Центральном Федеральном округе на развитие мелиораций.

В этой связи разработана иная стратегия развития комплексных мелиораций (табл. 3) основанная на реальных финансовых возможностях имеющихся сегодня, оценка которых выполнена по данным ЦСУ (объем инвестиций в сельское хозяйство по субъектам РФ 2001-2003 г.).

Таблица 3. Прогноз развития комплексных мелиораций до 2015 г.  
в Центральный Федеральный округ, млн. га

	А	В	Г	И	Кд	Ки	О	Э
Центральный Федераль- ный округ	1,78	0,95	1,52	0,94	0,17	0,56	0,17	0,72

На основе системного анализа современной социально-экономической и экологической ситуации, моделирования и оценки потенциальной продуктивности агроландшафтов, использования результатов районирования и ГИС-технологий определена потребность в комплексных мелиорациях для всех субъектов Российской Федерации и сформированы варианты стратегии (прогноза) развития мелиораций.

В данной работе прогноз рассматривается как стратегия развития комплексных мелиораций, поскольку речь идет о стратегическом характере целей и задач государственной важности (продовольственная безопасность страны), решении не только региональных, но и глобальных экологических проблем (рациональное природопользование, охрана окружающей среды), а также о необходимости учета ограниченных общенациональных ресурсов.

Следует отметить, что в субъектах федерации (в силу особенностей взаимодействия природных, экологических и социальных факторов) могут решаться новые задачи будущего развития мелиорации. Совокупность этих частных решений, в конечном итоге, отразит общую перспективу развития мелиорации в Российской Федерации. Однако это ни в коей мере не снижает роль Федерального центра и целесообразность прогнозных исследований на федеральном уровне.

#### Литература

1. Пегов С.А., Хомяков П.М. Моделирование развития экологических систем. Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. 222 с.
2. Булгаков Д.С., Агроэкологическая оценка пахотных почв. М., 2002. 250 с.
3. Основные направления и тенденции развития мелиораций с учетом природно-климатических и социально-экономических особенностей регионов Российской Федерации. Научный доклад. ВНИИГиМ, 2003.
4. Агропромышленный комплекс России в 2001г Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Москва 2002.
5. Оценка эффективности инвестиционных проектов Виленский П.Л., В.Н. Лившиц, Москва, 2001.



## **ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ПРИ ОРОШЕНИИ**

И.Ф. Юрченко

ВНИИГиМ, г. Москва, Россия

Очевидно, что любое совершенствование управления водораспределением базируется на повышении контроля ситуации, качества анализа функционирования системы и эффективности выполнения запланированных воздействующих мероприятий. Приоритетным направлением совершенствования существующих и создания новых технологий управления водораспределением должна стать разработка информационных управляющих систем с функциями контроля и анализа водопользования, подготовки фрагментов решений по управлению водоучетом и водораспределением и т.п.

Оперативный водоучет, контроль и оценка текущей ситуации водопользования обеспечат своевременность проведения профилактических (упреждающих возникновение нежелательных и/или чрезвычайных ситуаций) мероприятий водораспределения, что существенно повысит их эффективность.

В этой связи представляется правильным начать автоматизацию диспетчерского труда с решения основных задач оперативного управления водораспределением, включающих сбор данных об уровнях воды в каналах, расходах и объемах водоподачи в гидроузлах и т.д.; обработку рядов наблюдений за параметрами водораспределения текущего периода и/или анализ постсезонной ситуации.

При этом наиболее эффективной становится визуализация данных (профили канала, цветные карты), позволяющая управленцу наблюдать за процессом водораспределения.

Компьютерная технология должна обеспечить хранение, поиск и просмотр требующейся информации в форме привычной и удобной для на основе картографического материала..

Указанный пользователь; обработку данных; составление балансов водоподачи и водораспределения по интервалам времени вегетационного периода; оценку водораспределения по каждому водовыделу, каналу и, в целом, по гидроузлу; формирование архива и хранение «исторических» данных, используемых для анализа временного ряда.

В составе автоматизированной системы необходим географический интерфейс на базе ГИС-технологий, обеспечивающих решение задач оперативного контроля подход реализуется при разработке компьютерной системы поддержки принятия решений (СППР «ВОДОУЧЕТ») по управлению водораспределением на гидроузлах и Кумо-Манычском канале государственного предприятия «Управление эксплуатацией Кумских гидроузлов и Чограйского водохранилища» (УЭКГ и ЧВ) Ставропольского края.

По результатам анализа методологии разработки СППР и процедур управления за рубежом, в стране и отрасли принята многоступенчатая структура «ВОДОУЧЕТ», включающая следующие компоненты:

- блок информационной поддержки – для формирования информационного образа проблемной ситуации и обеспечения пользователя требующимися данными;
- блок поддержки процедур моделирования – для обеспечения пользователя аналитическими данными оценки существующего состояния и развития ситуации, а также прогнозирование возможных последствий;
- блок экспертной поддержки – для обеспечения ЛПР правилами и знаниями при выборе эффективных вариантов решения.

С программно-технологической точки зрения варианты решений являются для СППР анализируемыми объектами, которые характеризуются наборами количественных и качественных характеристик (показателей). Функциональная задача СППР - вычисление оценок степени соответствия анализируемых объектов комплексу требований и предпочтений одного или группы руководителей и экспертов.

С информационно-аналитической точки зрения такой задачей является агрегирование (сжатие) многокритериальной информации об анализируемых объектах до объема и формы представления, воспринимаемых ЛПР при принятии решения.

Разрабатываемая компьютерная технология поддержки принятия решений представляет совокупность средств, способов и методов сбора, обработки и передачи первичной информации для получения информационного продукта – информации нового качества о состоянии объекта или процесса для ее анализа диспетчером и принятия на ее основе управляющего воздействия.

Главным в разрабатываемой СППР является не вычислительная часть, а технологическая поддержка процедуры корректного извлечения и формализации субъективных требований и предпочтений специалистов, а также процедуры пошагового агрегирования информации..

Целью внедрения СППР «ВОДОУЧЕТ» является повышение качества принимаемых решений и производительности труда диспетчерской службы за счет многовариантности расчетов, их автоматизации, использования моделей, алгоритмов и процедур, обеспечивающих современный уровень управления.

Создание компьютерной технологии осуществляется в составе двух этапов: разработка атрибутивной базы данных, обеспечивающей управление водными ресурсами в Управлении ЭКГ и ЧВ; разработка геоинформационной поддержки принимаемых решений

В связи с дефицитом финансирования в настоящее время осуществлен первый этап создания СППР, включающий разработку структуры базы данных на Левокумском гидроузле, выбор системы управления базой данных, подготовку форм входных данных и отчетов, формируемых по запросу пользователя.

База данных содержит: информацию о точках водовыделов, для которых фактическая водоподача будет сравниваться с планируемой; ежедневные данные относительно всех регуляторов; уровни в нижнем и верхнем бьефе, открытие затворов, наблюдаемые расходы; еженедельные данные о планируемых расходах и объемах воды; ежедневные данные метеостанций об осадках; паспортные данные о сооружениях и бьефах каналов.

В качестве критериев экологической эффективности функционирования гидромелиоративных систем предлагаются следующие показатели: отклонение фактической водоподачи от условно-нормативной и соответствующее отклонение коэффициента полезного использования оросительных вод [Михайлов, 2000]

Условно-нормативная водоподача-брутто характеризует объем воды, необходимый для обеспечения водопотребности-брутто орошаемых сельскохозяйственных культур, складывающейся в соответствии с фактическими агрометеорологическими условиями, имевшими место на протяжении расчетного периода.

Для поливного сезона этот критерий рассчитывается по формуле

$$P_o^n = \frac{E_o^n - X_n}{h} \quad (1)$$

где  $E_o^n$  - оптимальное суммарное испарение;  $X_n$  - осадки за рассматриваемый период;  $h$  - КПД оросительной системы.

Отклонение (%) фактической водоподачи от условно-нормативной вычисляется по формуле

$$\Delta P_o = 100 \frac{P_o - P_o^n}{P_o^n}. \quad (2)$$

Коэффициент полезного использования оросительных вод (КИОВ) определяется с учетом изменения влагозапасов. При этом полезно использованной считается вода, обеспечивающая потребность в ней непосредственно сельскохозяйственных культур, то есть разность между оптимальным и суммарным испарением и атмосферными осадками.

Фактические значения КИОВ вычисляются для поливного сезона в целом по формуле:

$$h_3 = \frac{E_o - X_n}{P_o - \Delta W_o} \quad (3)$$

Условно-нормативная величина коэффициента полезного использования оросительных вод рассчитывается по формуле:

$$h_3^n = \frac{E_o^n - X_n}{P_o^n} \quad (4)$$

Отклонение (%) фактических значений КОИВ от условно-нормативных вычисляются по формуле

$$\Delta h_3 = \frac{h_3 - h_3^n}{h_3^n} 100\% . \quad (5)$$

По мере накопления фактических материалов, опыта, а также роста потребности заказчика список пользовательских услуг рассматриваемой задачи, как и всей СППР в целом, легко увеличивается.

Программное обеспечение СППР «ВОДОУЧЕТ» нацелено на использование данных в соответствии со сложившейся практикой эксплуатации без привлечения дополнительных данных.

Использование СППР оперативного диспетчерского контроля за водораспределением (1-ая очередь) на Легокумском гидроузле снизило непроизводительные затраты воды на общую площадь 127,3 тыс. га, что обеспечило рост коэффициента полезного использования воды на 0.2

В заключение следует отметить, что системы поддержки принятия решений следует рассматривать как программные средства и информационно – аналитические технологии, предназначенные специально для оказания помощи в решении задач поиска, анализа и выбора лучших из возможных вариантов. Лицо, принимающее решение, должно обеспечиваться не только информационной, но и технологической поддержкой процедуры существенно повышающее эффективность управления.

Разработка, внедрение и использование СППР - деятельность наукоемкая, требующая достаточно больших финансовых вложений, но они окупаются, так как информация не менее важный ресурс, чем природный и материально–технический.

#### Литература

Юрченко И.Ф. .2000. Информационные технологии обоснования мелиорации. Москва. Россия.

## ***ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ***

УДК 333.93+63

### **МЕТОДЫ БЕЗОПАСНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

С.Я. Безднина

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В начале XXI века на фоне глобальных климатических изменений во всем мире обостряются водные проблемы. Возрастают объемы изъятия водных ресурсов, нарушается естественный гидрохимический режим, увеличивается масса загрязняющих веществ антропогенного происхождения, сбрасываемых в водоемы и водотоки. Неуклонно возрастает несоответствие потребностей человека в воде и возможностей удовлетворения их за счет ресурсов водной оболочки Земли, обладающей ограниченной способностью к возобновлению. В целом на планете достаточно водных ресурсов для удовлетворения потребностей населения и экономики, однако неравномерное распределение водных ресурсов, загрязнение поверхностных и подземных вод, нерациональное использование воды обостряют водные проблемы в различных регионах мира.

Для решения водных проблем Европейский Союз выступил с Глобальной Водной инициативой "Вода для жизни – здоровье, благополучие, экономиче-

ское развитие и безопасность". Всемирный Водный совет в марте 2000 года в г. Гааге на втором Всемирном водном форуме представил глобальное "Долгосрочное видение воды, жизни и окружающей среды в XXI веке" по основным отраслевым направлениям. В марте 2003 года в Японии состоялся третий Всемирный форум по водным ресурсам, на котором обсуждались общемировые водные проблемы и, в частности, вопросы дефицита водных ресурсов, низкого качества вод, предотвращения наводнений, комплексного управления водными ресурсами, устойчивого водопользования, разработки стратегических планов управления водными ресурсами. Все эти проблемы актуальны и для России.

Сложность современных водных проблем требуют системного подхода к их решению, научного обоснования и реализации комплекса мероприятий по совершенствованию и развитию системы управления водными ресурсами и водохозяйственным комплексом. Водохозяйственный комплекс является интенсивным фактором воздействия на природные системы водосборов, ландшафтов и водные экосистемы. Водохозяйственная деятельность представляет процесс прямого природопользования, поэтому, оказывая влияние на природную среду, водохозяйственный комплекс и эффективность его функционирования зависят от состояния окружающей среды, согласования потребности экономики и населения в воде с возможностями природных систем. Для решения водных проблем необходимо осознание высокой значимости водных ресурсов и ценности воды в условиях нарастающей антропогенной нагрузки, понимания необходимости реализации действенных мер по переходу водного хозяйства на модель устойчивого развития.

Сельское хозяйство России является крупнейшим потребителем водных ресурсов и весьма значимым источником загрязнения почв, поверхностных и подземных вод. Системы водопользования в сельском хозяйстве включают системы для водоснабжения сельских населенных пунктов, предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, животноводческих комплексов и птицефабрик, обводнения пастбищ и сенокосов, орошения земель, а также для энергетики, рыбозаготовки и рекреации в системе сельского хозяйства. Экологически безопасное и экономически эффективное функционирование систем водопользования зависит от качества и количества потребляемой и отводимой воды, состояния и надежности работы водопроводящих сетей, сооружений, машин и механизмов. Качество воды в подсистеме водопотребления влияет на здоровье и благополучие людей, состояние и продуктивность животных, плодородие почв, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции. В подсистеме водоотведения сточные, сбросные, коллекторно-дренажные воды и поверхностный сток, содержащие соли, нитритный и аммонийный азот, фосфор, пестициды, тяжелые металлы, нефтепродукты и другие загрязняющие вещества, поступают в водные экосистемы, изменяют физические и органолептические свойства, химический состав воды, биохимический режим водоемов, состав микроорганизмов, биопродуктивность. Загрязненный водный объект становится экологически опасным объектом для окружающей среды.

Загрязнение почв, поверхностных и подземных вод, нарастание дефицита воды по количественным и качественным показателям, формирование зон на-

пряженной экологической ситуации и снижение эффективности сельского хозяйства определяют необходимость анализа проблем функционирования систем водопользования. Проблемы функционирования систем водопользования условно можно разделить на 5 блоков: организационно-правовые, экологические, экономические, технические и социальные.

Блок **организационно-правовых проблем** включает несовершенство систем управления, мониторинга и контроля водохозяйственной деятельности, отсутствие единой информационной основы водопользования, неполноту и противоречивость правовой основы водопользования.

Блок **экологических проблем** включает загрязнение, истощение, деградацию водных экосистем и подземных вод, неравномерность распределения водных ресурсов, неполноту экологического нормирования водопользования по количественным и качественным показателям.

Блок **экономических проблем** включает несовершенство экономических механизмов для обеспечения экологически безопасного функционирования систем водопользования и неполноту экономических методов регулирования водопользования, стимулирования водосбережения и охраны вод.

В современных условиях необходим пересмотр экономических и финансовых отношений в сфере водопользования и переход на новую идеологию формирования хозяйственного механизма, адекватного рыночным условиям, обеспечивающего потребности экономики и населения в воде нормативного качества, безопасность гидротехнических сооружений, защиту объектов экономики и населения от вредного воздействия вод. Наряду с признанием воды, как важнейшего компонента биосферы, производственного ресурса, обладающего незаменимыми потребительскими свойствами, важным является признание воды экономическим ресурсом для создания надежной финансовой основы водохозяйственной деятельности. Целью экономического механизма водопользования должно быть создание максимально благоприятного "экономического климата" для водосберегающей и природоохранной деятельности предприятий. Для достижения этой цели необходимо создание условий, при которых выполнение природоохранных мероприятий было бы выгодно не только в результате снижения платы за водопользование, но и при заинтересованности в получении дополнительной прибыли. Такие условия могут быть созданы на основе такой схемы экономического стимулирования, при которой плата, взимаемая за водопользование и загрязнение водной экосистемы, направлена на компенсацию затрат, необходимых для освоения водосберегающих технологий и водоохраных мероприятий.

Блок **технических проблем** включает износ и старение основных производственных фондов, несовершенство систем водопользования, непроектируемые расходы и потери воды, несовершенство технологии водосбережения, водоподготовки, очистки и регулирования качества воды в подсистемах водопотребления и водоотведения, отсутствие системы учета и контроля количества и качества потребляемой и отводимой воды.

Блок **социальных проблем** включает рост заболеваемости, снижение жизненного уровня сельского населения, снижение качества сельскохозяйст-

венной продукции, несовершенство системы защиты населения от наводнений, подтоплений, водной эрозии, засухи.

По данным Всемирной организации здравоохранения доля участия загрязненной питьевой воды в возникновении патологических состояний достигает 80 %. При повышенном содержании меди в питьевой воде у людей наблюдаются врожденные заболевания, изменение водно-солевого и белкового обмена, окислительно-восстановительных реакций крови. Цинк вызывает анемию, увеличение заболеваний печени. Повышенное содержание фтора способствует появлению флюороза, полиневритов, гепатита, артериальной гипотонии. Марганец при избыточном содержании вызывает анемию, нарушение функционального состояния центральной нервной системы; кобальт – нарушение щитовидной железы; селен – ускорение кариеса зубов, злокачественные новообразования; кадмий – болезнь Итай-Итай, онкологические заболевания; свинец – поражение почек, нервной системы, органов кроветворения.

В животноводстве состав и свойства воды для поения животных влияют на жизнеспособность и продуктивность животных, качество молока и мяса. Свинец при избыточном содержании в воде накапливается в тканях животных и переходит в молоко в количествах, токсичных для человека; магний вызывает диарею, фториды – нарушение в костных тканях. Опасными являются нитриты, патогенные организмы, пестициды и их остаточные формы. Они оказывают непосредственное воздействие на животных, накапливаются в организме, обуславливая в конечном итоге непригодность продуктов животноводства для потребления их человеком.

Наряду с питьевой водой токсичные элементы и соединения поступают в организм человека с растениеводческой и животноводческой продукцией, в организм животных – с кормами, выращенными на загрязненной почве или с использованием оросительной воды из загрязненных источников.

В орошаемом земледелии химический состав и загрязненность оросительной воды влияют на плодородие почв, водопотребление, урожайность, качество сельскохозяйственной продукции и, соответственно, здоровье людей. Вместе с тем, качество оросительной воды влияет на сохранность, долговечность и надежность функционирования оросительных систем. В орошаемом земледелии формируется наиболее сложная, пятизвенная водно-трофическая система: «вода – почва – растения – животные – человек». По мере прохождения звеньев этой системы загрязняющие вещества накапливаются, трансформируются, теряют и приобретают токсичность.

В соответствии с изложенным и на основе анализа водно-экологических проблем, сформулированы принципы экологически безопасного функционирования систем водопользования:

- **экосистемность** отражает принцип управления водо- и землепользованием, направленный на восстановление и сохранение функциональной и структурной целостности водосборных бассейнов, ландшафтов, наземных и водных экосистем;
- **принцип экологичности** заключается в том, что системы водопользования должны отвечать экологическим требованиям и ограничениям;

- **принцип сбалансированности** означает соблюдение баланса использования, воспроизводства и охраны вод от загрязнения и истощения;
- **принцип оптимальности технологии и конструкции** отражает переход на новые экологически безопасные и экономически эффективные системы водопользования, технологии и конструкции, обеспечивающие водосбережение и защиту наземных и водных экосистем от загрязнения и деградации;
- **принцип социально-экономической направленности** означает учет запросов социально-экономической сферы, создание условий для ее реализации по водному фактору и экономических механизмов водосбережения и водоохраны.

В соответствии с изложенными принципами разработаны четыре блока методов экологически безопасного функционирования систем водопользования:

**I. Организационно-правовые методы** включают совершенствование управления, мониторинга и информационного обеспечения функционирования систем водопользования, создание системы экологического аудирования хозяйственной деятельности, совершенствование правовой системы водопользования.

**II. Экологические методы** включают методы экологического нормирования водопользования по количественным и качественным показателям, методы снижения безвозвратного водопотребления и потерь воды в системах водопользования, методы снижения и предупреждения загрязнения поверхностных и подземных вод, создание замкнутых систем водопользования с изъятием загрязняющих веществ из гидрогеохимического круговорота, методы защиты населения от наводнений, подтоплений, водной эрозии, засухи.

**III. Экономические методы** включают совершенствование экономических механизмов водопользования, инвестиционной и инновационной деятельности, методы стимулирования водосберегающих и водоохраных технологий, создание нормативов платы за воду в зависимости от водообеспеченности территории и качества воды, а также совершенствование нормативов платы за сброс сточных и дренажных вод, учитывающих наносимый ущерб водной экосистеме.

**IV. Технические методы** включают конструирование экологически безопасных и экономически эффективных систем водопользования, реконструкцию и модернизацию систем водопользования, технологические методы водосбережения, водоподготовки, очистки и регулирования качества воды в подсистемах водопотребления и водоотведения, а также методы контроля и учета количества и качества потребляемой и отводимой воды в системах водопользования.

Комплексность и приоритетность реализации методов экологически безопасного функционирования систем водопользования в сельском хозяйстве зависят от природно-хозяйственных и социально-экономических условий конкретного региона.



## **КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА**

Е.А. Иванова

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Комплексное использование водных ресурсов представляет собой совокупность конструктивных мер, осуществляемых в процессе природопользования с целью сохранения водного компонента среды при совместном их применении в зависимости от местных природных и хозяйственных условий. Такой подход позволяет решать большой круг различных по своему характеру вопросов, относящихся ко всей проблеме в целом, и в тоже время вызывает необходимость научно-обоснованной координации в планировании и использовании водных ресурсов. Рассмотрим применение этого подхода на примере Курганской области.

Курганская область, располагаясь в средней части бассейна р.Тобол, принимает полностью зарегулированный сток из Казахстана в виде попуска и приточность Тобола от границы до г.Кургана. Курганская область относится к числу областей с ограниченными водными ресурсами, как по количеству, так и по их качеству. По естественной водообеспеченности область занимает последнее место среди областей Урала. Проблемы области неразрывно связаны с водохозяйственной обстановкой в бассейне р.Тобол в целом (рис. 1).

Уже на современном этапе водопользования в бассейне реки Тобол выявлен дефицит водного баланса, причины которого заключены в следующем:

- неравномерность распределения производительных сил и водных ресурсов;
- неравномерность распределения стока во внутригодовом и многолетнем разрезах, когда 70-80% его проходит в период весеннего половодья, а в маловодные годы годовой объем уменьшается в 2,5 раза против среднемноголетних значений;
- большая загрязненность поверхностных водоисточников сточными водами, в результате чего воды в большинстве рек района не отвечает требованиям, предъявляемых к водоемам хозяйственного значения;
- сосредоточение запасов подземных вод в сравнительно более многоводных зонах и довольно высокая минерализация их;

Кроме того, при дефиците водных ресурсов на территории бассейна сосредоточены интересы Курганской, Челябинской и Свердловской областей. В бассейне р.Тобол в связи с ограниченным водным потенциалом верхнего и среднего течения реки, также сталкиваются водохозяйственные интересы Казахстана (Кустанайская область) и России.

Основными водными ресурсами Курганской области являются реки: Тобол, Исеть, Миасс, 106 малых рек, более 2000 небольших озер. Обеспеченность водой 1 км<sup>2</sup> площади составляет 13,7 тыс. м<sup>3</sup>. Средняя водообеспеченность на

душу населения – 0,88 тыс. м<sup>3</sup>/год. Водные ресурсы р. Тобол в маловодный год на 95% складываются из санпропусков по р. Тобол из Кустанайской области (Казахстан) в объеме 15,8 млн. м<sup>3</sup>, по р. Уй из Челябинской области - 7,9 млн. м<sup>3</sup>, боковой проточности ниже впадения р. Уй в объеме 23,2 млн. м<sup>3</sup>. Все это составляет 46,3 млн. м<sup>3</sup>/год. Для обеспечения нужд хозяйственно-питьевого значения в Курганской области построено два водохранилища: Курганское на р. Тобол и Куртамышское на р. Куртамыш.

Обеспеченность жителей ресурсами подземных вод составляет 2,7 кубометра в сутки на душу населения. Извлечение их осложнено в Зауралье наличием мощного регионального водоупора.

Вопрос водообеспечения южной части этого региона более 30 лет решался за счёт Пресновского группового водопровода. Забор воды осуществлялся из двух поверхностных источников - р. Тобол (Курганская область) и р. Ишим (Казахстан). Оставшийся в эксплуатации водопровод подаёт воду из р. Тобол расходом 16,3 тыс.м<sup>3</sup>/сут при проектной мощности 60 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Аварийное состояние сетей приводит к потере 63 % забранной воды, а эксплуатация водопровода в настоящее время является межгосударственной проблемой. Нехватка водных ресурсов влечет необходимость поиска других источников водоснабжения. В Курганской области рассматриваются варианты использования подземных вод для питьевых нужд и вод близлежащих озер для технических и бытовых нужд.

Еще одной проблемой, в эпицентре которой оказывается область, является проблема трансграничных взаимоотношений России и Республики Казахстан. Верхнее течение р.Тобол, расположенное на территории Казахстана и Курганской области, достаточно маловодно. Расход р.Тобол в створе г.Курган 95% обеспеченности равен 0,4 м<sup>3</sup>/с, а сброс сточных вод в этом же створе составляет 2 м<sup>3</sup>/с. Таким образом, объемов для разбавления сточных вод практически нет. Все зависит от попуска водохранилищ на территории Казахстана – Каратамарского, Верхнетобольского, Желкуарского и др. Требования транзита стока с необходимой гарантией не выполняются. Кроме недостаточной водообеспеченности бассейн р.Тобол, страдает и от проблем, связанных с антропогенным загрязнением вод от промышленной и добывающих отраслей, от предприятий жилищно-коммунального и сельского хозяйства.

Основные источники загрязнения реки Тобол, расположенные в Казахстане это и очистные сооружения канализации, шахтные воды открытых карьеров по добыче железной руды, остаточное загрязнение от близко расположенных химических предприятий Кустаная, наличие вторичной ртути от добычи золота на р.Тогусак. Концентрация веществ, измеренных на границе (БПК, аммиак, нефтепродукты, цинк, железо, марганец) превышают ПДК для рыбохозяйственных водоёмов, В степном климате соляные озера р.Убаган периодически вносят свой вклад в естественный уровень содержания соли в питьевой воде г.Кургана (0,8 г/л) (рис. 1).



Рис. 1. Схема бассейна р.Тобол

С российской стороны основными источниками загрязнения является город Троицк, расположенный на р. Уй. Кроме сточных вод жилищно-коммунального хозяйства, загрязняющие вещества попадают в реку со сточными водами с городских свалок, золой ТЭЦ и сточными водами предприятий нефтеперерабатывающей промышленности. По большинству веществ нормы ПДК превышены, особенно для марганца.

Водохозяйственный комплекс в бассейне р.Тобол представлен: жилищно-коммунальным хозяйством, промышленностью, сельским хозяйством, которые и вызывают напряженность водохозяйственного баланса. Суммарное водопотребление в Курганской области на современном уровне развития составляет около 85 млн. м<sup>3</sup> даже с учетом существенного сокращения водопотребления на орошение.

Если рассмотреть ситуацию с точки зрения комплексного использования водных ресурсов можно сделать вывод о том, что напряженность водохозяйственной обстановки в регионе может быть снята двумя способами. Первый способ это уменьшение водопотребления, а второй это увеличение водообеспеченности региона.

Комплексное техническое решение водообеспечения Курганской области за счет привлечения иртышской воды рассматривалось ещё советское время. В этом проекте объем привлекаемых водных ресурсов для г.Кургана принимался в размере 41 млн.м<sup>3</sup>/год. Для перерегулирования подаваемого из р.Иртыш равномерного расхода в соответствии с графиком водопотребления предполагалось

создание концевой (буферной) ёмкости с использованием чаши Митинского водохранилища. Возобновление этого проекта в современных условиях может снять остроту водохозяйственного баланса.

В дополнение к переброске стока р.Иртыш для решения проблемы можно рассмотреть вариант строительства водохранилищ на притоках р.Тобол. В частности, для Курганской области таким притоком можно предложить реку Уй. Строительство гидроузла с примерной ёмкостью 100-150 млн.м<sup>3</sup> также может увеличить водность р.Тобол в створе г.Кургана.

Очевидно, что помимо дополнительно регулирования стока, дотации свободной воды из бассейна р.Иртыша и строительства гидроузлов необходимо проведение превентивных и адаптационных мероприятий в бассейне р.Тобол, таких как:

- дополнительная очистка части сточных вод, сбрасываемых промышленностью и коммунальным хозяйством Челябинской и Курганской областями РФ и Кустанайской области Казахстана в р. Тобол;
- прекращение сброса неочищенных сточных вод в водоёмы, развитие повторного использования очищенных сточных вод, дождевой канализации и увеличение оборотного водоснабжения;
- реконструкция существующих очистных сооружений и увеличение их мощностей;
- проведение комплекса агротехнических, лесомелиоративных и организационно-хозяйственных мероприятий для создания оптимальных условий, обеспечивающих рациональное использование с/х угодий, с целью прекращения проявления эрозии и дефляции на землях, вовлеченных в с/х производство;
- ликвидация в водоохраных зонах несанкционированных свалок снега, твердых бытовых отходов, вынос летних лагерей скота и пр.;
- очистка сбросных шахтных вод от открытых карьеров по добыче железной руды в Кустанайской области;
- разработка нового законодательства или улучшение старого в отношении положения о водodelении между Россией и Казахстаном, в связи с увеличением напряженности водохозяйственной обстановки в бассейне р.Тобол.
- пересмотр и уточнение существующих водохозяйственных расчетов и балансов с учетом возможных проектных решений и совершенных технологий использования водных потенциалов в новых условиях водохозяйственных взаимоотношений.

Перечисленные выше мероприятия позволяют лишь частично снять напряженность водного баланса Курганской области на ближайшую перспективу. Для решения проблемы с учетом роста промышленного и сельскохозяйственного производства необходимо комплексное использование водных ресурсов бассейнов р.Тобол и частично р.Иртыш. Принятый вариант проекта должен учитывать экономические, политические и социальные аспекты проблемы, а также прогнозировать воздействие проекта на окружающую среду.

## Литература

1. Басаргин В.Ф., Прохорова Н.Б. Оценка водно-ресурсного потенциала Уральского федерального округа, его использования и перспектив развития// сайт: [www.invur.ru](http://www.invur.ru).
2. Басаргин В.Ф., Прохорова Н.Б. Социально - экологические проблемы Урала, пути решения// сайт: [www.invur.ru](http://www.invur.ru).
3. Кукош В.С., Уоррен С. Пилотный проект по мониторингу и оценке качества трансграничных вод в целях реализации положений международных правовых актов//сайт: [www.jointrivers.org](http://www.jointrivers.org)

УДК 631.671

## **ОЦЕНКА И ПРОГНОЗЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНО-ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В НИЗОВЬЯХ р. АМУДАРЬИ**

М.Р. Икрамова

НПО «САНИИРИ», Ташкент, Республика Узбекистан

Оценка и прогнозы использования земельно-водных ресурсов в низовьях р. Амударьи, включающие Хорезмскую область и Каракалпакстан показывают, что здесь имеются вполне реальные резервы продовольственного и сырьевого обеспечения за счет собственного производства. В настоящее время в рамках проекта «OPAL», который финансируется программой INTAS, выполнены такие оценки и прогнозы для бассейна р. Амударьи в целом, включая низовья, где расположены Хорезмская область и Каракалпакстан. Современная оценка дается для уровня 2004 года, а прогнозы составлены для уровней 2015 и 2025 гг.

На современном этапе сравнительно низкая продуктивность орошаемых земель объективно объясняется следующими основными причинами:

- 1) ухудшением и низким качеством оросительной воды в отдельных регионах, и дефицитом воды в отдельные маловодные годы,
- 2) засолением орошаемых почв, образованием сильно уплотненной плужной подпахотной подошвы в почвах;
- 3) неосвоенностью севооборотов, особенно севооборотов с применением промежуточных культур подзимнего сева;
- 4) низким уровнем и несбалансированностью минерального, особенно микроэлементов, и воздушного (углекислотного) питания растений;
- 5) несовершенностью и неоптимальностью технических параметров и экономических показателей гидромелиоративных систем и несовершенностью их эксплуатации;
- 6) несовершенностью способов, техники и технологии орошения;
- 7) низким уровнем социальной инфраструктуры сельского хозяйства.

При этом, располагаемые к использованию среднесезонные водные ресурсы в Республике Узбекистан по меж- и внутригосударственному водodelению составляют 59209 млн.м<sup>3</sup> в год, в том числе: речные воды - 52408; возобновляемые подземные воды - 1891; рекомендуемые к использованию коллекторно-дренажные (возвратные) воды - 4910 млн.м<sup>3</sup> в год (табл.1).

Таблица 1. Располагаемые к использованию водные ресурсы на перспективу, млн.м<sup>3</sup>

Категории водных ресурсов, млн.м <sup>3</sup>	Всего по Узбекистану	Бассейн р. Амударьи
1.Речные воды	52408	32493
2.Возобновляемые подземные воды	1891	301
3.Рекомендуемые к использованию коллекторно-дренажные (возвратные) воды	4910	2310
Всего:	59209	35104

Регулирование речного стока, упорядочение режима водопользования и повышение эксплуатационного КПД гидромелиоративных систем являются здесь основными путями увеличения водообеспеченности сельского хозяйства и других отраслей экономики.

При среднемноголетней водности р. Амударьи, равной 79,6 км<sup>3</sup> в год, диапазон изменения его укладывается в пределах от 116 км<sup>3</sup> в год в чрезвычайно многоводные годы до 50 км<sup>3</sup> в год в остро маловодные годы, т.е. количественно диапазон изменения стока этой реки составляет 2,3. Еще более изменчивым сток реки бывает в ее низовьях. Например, поступление речной воды в водохранилища Тюямуюнского гидроузла на реке Амударье в ее низовьях может изменяться в пределах от 60 до 7 км<sup>3</sup> в год при средней многолетней водности, равной здесь 33,5 км<sup>3</sup> в год. Более детальные гидрологические характеристики по этому створу показывают, что максимальное поступление речного стока здесь за последние 20 лет было в 1992 г. и составило 53,6 км<sup>3</sup>, а минимальное годовое поступление стока было в 2001 г. и составило 12,95 км<sup>3</sup>. За 20 лет наблюдений многоводных было 5 лет, средневодных - 10 лет, маловодных - 6 лет, т.е. примерно 28-30 % относятся к категории маловодных.

Суммарные экономические потери орошаемого земледелия Узбекистана из-за маловодья могут достигать 20-40 % в сравнении с уровнем нормальной (расчетной) водообеспеченности. Наглядным в этом отношении является 2001 г. (очень маловодный), когда потери валовой продукции орошаемого земледелия из-за дефицита водообеспеченности в среднем по Узбекистану составили 29,2 %, в Хорезмской области 34,5 %, а в Каракалпакстане они были наибольшими и составили 45,8 % в сравнении с потенциальным уровнем при нормальной водообеспеченности.

Кроме указанных направлений, крупным резервом повышения водообеспеченности отраслей экономики Узбекистана является борьба с потерями воды на оросительных системах. Установлено, что при проведении современных мероприятий по борьбе с потерями воды на оросительных каналах и поливных участках в низовьях р. Амударьи эксплуатационный КПД системы орошения можно повысить с современных 0,5-0,52 до 0,78 к 2015 г и до 0,9 к 2025 г. При этом в низовьях р. Амударьи расчетный водозабор из источников орошения в среднем можно уменьшить с современных 20423 м<sup>3</sup>/га в год до 11466, при од-

новременном уменьшении суммарного водоотведения с современных 9272 м<sup>3</sup>/га в год до 803. Наряду с повышением водообеспеченности, эти мероприятия почти полностью исключают сбросы минерализованных загрязненных вод в речную сеть, следовательно, улучшают качество воды. Затраты на проведение этих мероприятий в низовьях р. Амударьи составляют около 1200-1250 долл. США на 1 га; эти затраты окупаются за 2 года.

Кроме вышесказанного, повысить продуктивность орошаемых земель можно путем проведения в оптимальных объемах и пропорциях водохозяйственных, мелиоративных, эксплуатационных, агротехнических, агрохимических, землеустроительных и природоохранных мероприятий. Эти мероприятия связаны со значительным повышением уровня механизации и энергоснабжения отраслей сельского и водного хозяйства.

Для более точных и детальных оценок по каждому из перечисленных мероприятий необходимо: определить структуру и состав мероприятий по назначению и условиям применения; выполнить районирование каждого из мероприятий порознь и в целесообразных сочетаниях с другими мероприятиями; определить экономическую эффективность каждого из мероприятий и их сочетаний и провести их ранжирование по экономическим, социальным и экологическим показателям; определить объемы ожидаемых работ, очередность их выполнения, необходимые затраты и возможные эффекты.

УДК 333.93+63; 626.860

## **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В АПК**

Н.В. Коломийцев, Т.А. Ильина, Б.И. Корженевский  
ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В настоящее время на территории России практически нет водных объектов, не затронутых хозяйственной деятельностью человека. Качество воды на этих территориях не соответствует нормативным требованиям. Большинство водных объектов экологически неполноценны и не способны выполнять свои основные функции - поддерживать сложившиеся в результате длительной эволюции биологическое разнообразие и равновесие.

Техногенная нагрузка на водные экосистемы – это результирующая комплекса техногенных (антропогенных) воздействий на водный объект, которые в первую очередь приводят к загрязнению водной массы, взвешенного вещества и донных отложений, а во вторую, - к изменению гидрологического режима и биологической продуктивности и разнообразия. Это ведет к неизбежному эвтрофированию водного объекта, приводя к его гидрологической деградации и биологическому запустению.

Оценка техногенной нагрузки на водные экосистемы представляет собой сложную проблему. Современная природоохранная политика в Российской Федерации базируется главным образом на нормативном подходе. В качестве ре-

гулирующего инструмента служат *предельно-допустимые концентрации (ПДК)*, являющиеся санитарно-гигиеническими нормативами. Нормативы ПДК (мг/л) установлены для 1400 различных веществ, загрязняющих воду. Нормы качества воды водоемов и водотоков существуют для условий хозяйственно-питьевого, коммунально-бытового и рыбохозяйственного водопользования. Наиболее строгие требования предъявляются в настоящее время к составу воды водоемов рыбохозяйственного назначения.

Однако некоторые рыбохозяйственные ПДК не обоснованы геохимически и являются дискуссионными. Например, до 1975 года рыбохозяйственная ПДК меди принималась 0,01 мг/л, а с 1976 – 0,001 мг/л. Иногда делают примечание, что эта величина есть превышение над геохимическим фоном меди в природных водах. В то же время известно, что фон меди в поверхностных водах составляет от 0,005 до 0,010 и более мг/л.

Важной задачей является оценка и прогнозирование экологического состояния водного объекта по интегральным показателям. На их основе вырабатывается система мероприятий, направленных на восстановление природной среды водного объекта.

Следует отметить, что оценка экологического состояния поверхностных водотоков на основе данных о составе и концентрациях загрязнителей в воде и во взвешенном веществе не может быть корректной без специальных режимных наблюдений из-за сильных флуктуаций расходов воды и концентраций взвешенных и растворенных веществ.

Для определения качества воды открытого водоема нужен трехкратный отбор проб в течение года. По три пробы воды должны отбираться в весенний, зимний и летний сезоны. При этом правильную характеристику воды можно получить только в тех случаях, когда проба отобрана с большой тщательностью. Способы отбора пробы на анализ должны обеспечить максимальное сохранение солевого и газового состава исследуемой пробы и гарантировать исключение элементов случайности в отобранной пробе (загрязнение, застойность, временная взмученность и др.).

Определение токсичных элементов в пробе воды сопряжено с рядом трудностей. Эти элементы находятся в воде в очень малых концентрациях. Как правило, их содержание определяется в отфильтрованных пробах с предварительным концентрированием, что увеличивает процент ошибки.

В оценке экологического состояния реки в настоящее время все большее значение приобретает исследование загрязнения донных отложений. Концентрация загрязняющих химических элементов в наносах размером меньше 0,020 мм (глинистые и илистые частицы) зачастую превышает их концентрацию в речной воде в 10 и более раз. Такие сильно загрязненные отложения при определенных гидравлических и гидрохимических условиях в результате процессов десорбции сами являются источником вторичного загрязнения водной среды [4, 5].

Донные отложения вследствие своих высоких сорбционных свойств рассматриваются нами в качестве интегрального показателя техногенной нагрузки на водные экосистемы. По сравнению с гидрохимическими исследованиями



изучение донных отложений требует значительно меньших затрат, поскольку нет необходимости в организации ежегодных режимных наблюдений. Результаты исследования речных донных отложений позволяют установить наиболее неблагоприятные в экологическом отношении участки реки и скорректировать состав и объем мониторинга речного бассейна [5].

Разработанная авторами методика прогнозирования состояния водных объектов основывается на системном подходе, который выражается в рассмотрении всей совокупности проблем поэтапно, как по времени, так и в пространстве. Она включает в себя серию взаимоувязанных блоков, каждый из которых является самостоятельным исследованием и может являться конечным результатом определенного этапа.

Все применяющиеся в настоящее время способы прогнозирования можно разделить на методы экстраполяции, экспертных оценок и моделирования (физического и логико-математического).

В основе экстраполяции лежит предположение о том, что закономерности формирования состояния изучаемого водного объекта в прошлом и настоящем будут справедливы и в будущем. Для получения надежных прогнозов период ретроспективы должен быть в 2 – 3 раза больше периода прогноза. При прогнозировании качества воды методы экстраполяции мало пригодны, так как большинство величин меняется скачкообразно.

Методы экспертных оценок при прогнозе состояния водного объекта применяются, главным образом, для прогнозирования техногенных нагрузок на водные экосистемы. Прежде всего, следует подчеркнуть использование данных методов для оценки техногенной нагрузки по интегральным показателям качества состояния водотока (например, по индексам загрязненности воды и донных отложений) [2, 6]. Выбор метода прогноза зависит от цели и срочности прогноза и гидролого-морфологических характеристик водного объекта.

Методику оценки и прогнозирования состояния водных объектов, используемых в АПК, можно представить в виде ряда взаимоувязанных и логически последовательных блоков:

- 1) блок анализа экономико-географической и экологической ситуации рассматриваемого региона и структуры водопользования;
- 2) блок оценки текущего состояния водного объекта;
- 3) комплекс логико-математических моделей для расчетов распространения загрязнителей в водных объектах;
- 4) блок прогнозов текущего (современного) состояния водного объекта и выполнение срочных прогнозов.

**Первый блок** описывает экономико-географическую ситуацию в пределах бассейна водного объекта. Анализ экологического состояния водного объекта основывается на литературных и фондовых материалах. Рекомендуется качество поверхностных вод характеризовать по нормативным показателям (гидрохимическое загрязнение). В качестве нормативных показателей использовать ПДК загрязнителей водоемов рыбохозяйственного назначения. При анализе основных источников загрязнения и истощения водного объекта следует приводить детальную структуру водопользования с выделением предприятий

АПК (дополнительно приводятся: площадь водосбора, длина, объем стока, водозабор воды и коэффициент его использования, объем и качество сброса сточных вод, мощность очистных сооружений).

**Второй блок** состоит из ряда подсистем, которые описывают различные текущие состояния бассейна водного объекта в зоне влияния АПК. Гидрохимическая оценка ведется для всех нормированных веществ, относящихся к первому и второму классам опасности [3], при поступлении в водные объекты нескольких веществ с одинаковым лимитирующим признаком вредности и с учетом примесей, поступающих в водный объект от вышерасположенных источников, сумма отношений концентраций ( $C_1, C_2, \dots C_n$ ) каждого из веществ в контрольном створе к соответствующим ПДК не должно превышать единицы. Дополнительно рекомендуется использовать интегральные оценки качества поверхностных вод: 1) "показатель химического загрязнения" (ПХЗ-10); 2) индекс загрязненности вод (ИЗВ).

Гидробиологическая оценка ведется с использованием систем сапробности (ГОСТ 17.1.2.04-77), определения класса качества воды и степени загрязненности воды по индексу сапробности Пантле-Букка (в модификации Сладчека по ГОСТ 17.1.3.07-82) и определения уровней токсического загрязнения по Сан-ПиН 4630-88. Рекомендуется проводить оценки качества поверхностных вод по микробиологическим показателям.

Гидро-морфологическая характеристика режима водного объекта включает анализ взаимного влияния водного объекта и АПК с учетом анализа факторов речной системы, влияющих на равновесное состояние водного объекта, как элементов прогноза и восстановления. Рекомендуется выявление проблемных зон и участков, требующих неотложного восстановления.

Разработка критериев качества водных объектов - уточнение критериев качества воды и донных отложений на основе регионального геохимического фона.

Оценка загрязненности депонирующих сред (пойменных почв и донных отложений) тяжелыми металлами и мышьяком: 1) по суммарному показателю загрязнения (**Zc** или СПЗ) [2], который показывает во сколько раз содержание тяжелых металлов в пробе выше их фонового значения с учетом токсичности элементов (по классам опасности) [3]; 2) по игео-классам Г. Мюллера [4, 5]. Наибольший интерес представляют семь тяжелых металлов (Cd, Hg, Pb, Zn, Cu, Cr, Ni) и мышьяк (As).

В заключительной части блока определяется техногенная нагрузка на водные экосистемы. Она ведется на основе разработанной авторами (Коломийцев и др., 1999; Коломийцев и др., 2002) схемы связи техногенной нагрузки на водные экосистемы с загрязнением донных отложений и состоянием водоемов и биоты по четырехранговой шкале Б.В. Виноградова [1, 4, 6].

На основе данных по первому и второму блоку формируется **третий блок**, состоящий из комплекса логико-математических моделей для оценки распространения загрязнителей в водном объекте. Главные из них следующие: а) сосредоточенный выпуск загрязнителей на основе решения уравнения диффузии (например, модель И.Д. Родзиллера); б) общее диффузионное загрязнение (на-

пример, модель А.В. Караушева); в) диффузионное загрязнение с сельскохозяйственных угодий (например, модели А.П. Махини и В.Г. Пряжинской). Для исследуемого водного объекта и выбранного типа прогноза осуществляется адаптация моделей для условий межени и для паводкового режима. В итоге проводятся сценарные расчеты распространения загрязнителей при существующих условиях водопользования.

В **четвертом блоке** осуществляются прогноз текущего (современного) состояния водного объекта с выполнением математических расчетов распространения загрязнителей в системе «вода – взвешенное вещество – донные отложения» и срочные прогнозы. Краткосрочный прогноз осуществляется с использованием всех видов логико-математических моделей для прогноза гидрохимического и гидробиологического состояний. Среднесрочный подразумевает все операции краткосрочного прогноза плюс изучение загрязненности донных отложений. Долгосрочный прогноз ведется преимущественно на основе прогноза количественных и качественных характеристик стока с водосборных площадей и анализа тенденций изменения загрязненности донных отложений.

Одним из основных аспектов оценки и прогноза состояния водных объектов является формирование дополнительного «информационного» блока, который включает создание баз данных, включаемых в геоинформационную систему: «АПК – водный объект – водосборная территория».

#### Литература

1. Виноградов Б.В., Орлов В.А., Снакин В.В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России // ИЛ РАН. Сер. 5. География, 1993, № 5. - с. 77 - 79.
2. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
3. ГОСТ 17.4.1.02-82 Охрана природы. Почвы (ОПП). Классификация химических веществ для контроля загрязнения. Введен 01.01.1985 (без ограничения).
4. Коломийцев Н.В., Ильина Т.А., Зими́на-Шалдыбина Л.Б. Загрязнение донных отложений как характеристика техногенной нагрузки на водные экосистемы // В сб.: Современные проблемы мелиораций и пути их решения. Том II. - М.: ВНИИГиМ, 1999, с. 103 -119.
5. Техногенное загрязнение речных экосистем / Под ред. В.Е. Райнина и Г.Н. Виноградовой. – М.: Научный мир, 2002. – 149 с.
6. Экологические функции литосферы / Под ред. В.Т. Трофимова. - М.: Изд-во МГУ, 2000. - 432 с.

УДК 622.331

## **ОЧИСТКА ДРЕНАЖНЫХ ВОД В ТЯЖЕЛЫХ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ПОЧВАХ**

Е.А. Кузьмин  
ВНИИМЗ, Эммаус, Россия

Из обширного экспериментального материала известно, что только 40-60% вносимых азота, калия, фосфора удобрений усваивается растениями. Остальное количество или закрепляется в почве в недоступном для питания растений со-

единениях, или с грунтовыми водами, в конечном итоге, попадает в водоемы и водотоки, вызывая там бурный рост водной растительности.

Известен биологический метод очистки дренажных вод на орошаемых землях, который заключается в подаче дренажных вод в специальный каскад водоемов, где происходит поглощение питательных элементов растениями и микроорганизмами. Или установка вставных фильтров из сорбекса в устье дрен, фильтрующие колодцы для очищения дренажных вод от тяжелых металлов (Л.В.Кирейчева). Возможно использовать цеолит в виде прослойки и в смеси с почвой в качестве сорбента (Н.Ф.Челищев). Однако все это требует затрат на строительство, изготовление и перевозку. А для слабо фильтруемых глинистых грунтов встает дополнительно и вопрос отвода воды из почвенной толщи. Поэтому предлагается применить в качестве поглотителя местный материал - сапрпель, причем в смеси с почвой и в виде фильтрационной прослойки.

Гидромелиоративная схема очистки дренажных вод в слабофильтруемых грунтах заключается в следующем. После укладки дрен в траншеи, они засыпаются грунтом до глубины 0,5 м, далее в траншею насыпается слой смеси почва + сапрпель толщиной - 20 см и траншея полностью заполняется грунтом вровень с поверхностью почвы. Затем осуществляют глубокое рыхление любым способом, но отметка дна следа рыхлителя должна быть на 5 см выше отметки слоя смеси. Основной поток влаги будет двигаться не через глинистый монолит, а по подошве следа рыхлителя и рыхлой дренажной засыпке, через нее, фильтрующую сорбционную прослойку и - в дренаж. Причем рыхление производится перпендикулярно или под острым углом к трассе дрен, но не параллельно. Такая схема относится к вновь построенному дренажу. Для уже действующего необходима выемка грунта на глубину 0,5 м над трассами дрен, засыпка сорбционной прослойки и далее - по выше приведенной схеме. Контроль за работой дренажа осуществляется путем отбора проб дренажных вод и их анализа на содержание ионов NPK. При превышении нормативов, плугом с винтовым корпусом с глубиной пахоты 50 см слой сорбента разрушается и с полным оборотом пласта оказывается на поверхности почвы. Можно опять создать слой поглотителя на нужной глубине и т.д.

Было найдено оптимальное соотношение почва + сапрпель для очищения грунтовых вод от питательных веществ. Лизиметры заполнялись смесью почва + сапрпель 20 см толщины, в смесь вносили минеральные удобрения (NPK)<sub>90</sub>. Схема опыта следующая: 1-ый вариант (NPK)<sub>90</sub> + 1Гк CaCO<sub>3</sub> (контроль, фон); 2-ой вариант - фон + смесь сапрпеля с почвой в отношении 1:30; 3-й вариант - фон + смесь в отношении 1:10; 4-й вариант - фон + смесь в отношении 1:5; 5-й вариант - фон + 0,5 см прослойка цеолита (экспериментально найденная толщина прослойки способствовала максимальному поглощению NPK), см. таблицу 1.

Таблица 1. Влияние сорбента на вынос питательных элементов

Вариант	Вынос элементов, г/м <sup>2</sup>			
	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1.	5,64	0,60	1,22	0,02
2.	6,73 +19	0,82 +36	1,30 +6	0,02 0
3.	7,40 +31	0,90 +50	1,02 -17	0,03 +50
4.	2,74 -52	0,60 0	0,54 -56	0,01 -50
5.	6,40 -50	0,45 -6	6,35 -61	0,06 -50

В таблице представлены средние данные за двухлетний период наблюдений по выносу питательных элементов по вышеуказанной схеме опыта в г/м<sup>2</sup> и для сравнения - с прослойкой цеолита 0,5 см. Данные по уменьшению или увеличению выноса элементов представлены в табл. в виде второй строки (число со знаком  $\pm$ ) в каждой горизонтальной графе в % к контролю. Как оказалось, соотношение сапропеля к почве 1:5 снизило вынос калия на 56 %, азота 52 % и т.д. Меньшие дозы сапропеля не оказывали влияния на снижение выноса элементов из почвы, и даже увеличивали его.

Сапропель издавна используется как органическое удобрение, его внесение в почву приводит к переходу NPK почвы и самого сапропеля в растворимые формы. При соотношении компонентов 1:5 его сорбционные свойства преобладают над удобрительными, он служит поглотителем.

Сапропель относится к местным относительно дешевым полезным ископаемым, он в таком соотношении не хуже привозного цеолита (основные месторождения находятся на Украине и в Сибири) как сорбента.

Экономятся не только вносимые минеральные удобрения (полностью насыщенный NPK слой перемещается плугом на поверхность почвы и сорбированные элементы участвуют в питании растений), но соблюдаются экологические требования к качеству воды, сбрасываемой в открытые водоемы и водотоки Нечерноземья.

УДК 532.5

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ И ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВЫБОРА И РАСЧЕТА ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

А.М. Кушер

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Гидрометрические устройства обеспечивают получение информации о водозаборе и водосбросах водохозяйственных систем, для выполнения экономических взаиморасчетов за воду, а также для определения водного баланса оро-

сительной системы и отдельных ее объектов. Для открытых каналов гидромелиоративных систем наиболее перспективными с точки зрения стоимости и простоты эксплуатации являются гидрометрические сооружения, позволяющие определять расходы воды по измерениям глубины на входе сооружения, независимо от глубины потока в нижнем бьефе. Общим свойством таких сооружений является преобразование режима течения из докритического в верхнем бьефе в сверхкритический с последующим обратным преобразованием на выходе сооружения.

Основой традиционных методов расчета таких сооружений являются результаты экспериментальных исследований. Для лотков критической глубины (с длинной горловиной) принята гипотеза существования в горловине сооружения режима течения с параметрами, аналогичными течению в канале с критическим уклоном. Поскольку расчетный критический расход отличается от реального на 10-20% , принята дополнительная гипотеза о существовании в горловине пограничного слоя, аналогичного течению на входе тонкой пластины и введены дополнительные поправки, полученные из экспериментальных исследований [1]. Расчетные расходные зависимости других подобных в гидравлическом плане сооружений, например, водосливов с широким порогом, лотков с короткой горловиной, лотков Паршалла и САНИИРИ, построены исключительно на экспериментальных данных [2].

Несмотря на очевидные достоинства таких сооружений область их применения ограничена условиями проведения предварительных экспериментальных исследований. Международным стандартом ISO регламентирован расчет и применение лотков критической глубины только трапецеидальной (прямоугольной) и U-образной формы [3]. Недостатком этого метода является необходимость строгого соблюдения при строительстве стандартных требований, в частности для лотков критической глубины- нулевого уклона горловины, точности расчетной геометрии и симметричности сооружения относительно оси канала, необходимости прямого участка канала заданной длины перед сооружением. Методика расчета дополнительной погрешности, вносимой отклонениями от указанных и ряда других требований, в стандарте отсутствует. Поэтому калибровка сооружения после его строительства стандартным методом в большинстве случаев невозможна.

Второй проблемой, не решаемой стандартным методом, является работа сооружения в режиме частичного затопления со стороны нижнего бьефа, что является нормой при работе в подпорно-переменном режиме. Так, даже для простейших прямоугольных лотков критической глубины величина предельного затопления не является постоянной и зависит от конкретной геометрии канала и сооружения [4]. Физическая природа зависимости предельного относительного затопления от профиля сооружения в настоящее время не исследована. Например, для лотков прямоугольного и параболического профиля оно в среднем отличается на 15- 20% [5]. Рекомендованные значения, определенные только как функция профиля контрольного сечения, могут служить только в качестве ориентировочных при выборе типа сооружения. Их применение в стандартном методе в качестве фиксированных исходных гидравлических ус-

ловий при расчете геометрии сооружения неправомерно.

В связи с невозможностью решения указанных проблем традиционным методом разработана модель и комплекс компьютерных программ расчета расхода и выбора геометрии гидрометрического сооружения, основой которого является численный гидравлический расчет потока в сооружении. Указанный комплекс является составным элементом общей компьютерной технологии расчета гидрометрических сооружений [6].

Сооружение может быть установлено в трапецеидальном (прямоугольном, треугольном) и круглом каналах. Последний случай предусмотрен для расширения области применения разработанной технологии. В качестве типовых приняты 3 наиболее перспективные для водохозяйственных систем конструкции - лоток критической глубины с длинной горловиной, водослив с широким порогом и лоток с короткой горловиной, а также одна нестандартная конструкция для исследовательских целей. Предусмотрены следующие профили сечения типовых конструкций: трапецеидальный (прямоугольный, треугольный), круглый и параболический. Угол сужения входной секции в вертикальной и горизонтальной плоскостях с учетом результатов исследований принят равным  $a_{con} = \arctg(1/3)$ . Угол расширения выходной секции с учетом требования безотрывного течения равен  $a_{div} = \arctg(1/6)$ . Продольные размеры сооружения вычисляются исходя из предельного напора, определяемого с учетом заданного запаса по глубине или по максимальному расходу через сооружение. В качестве исходных данных задаются геометрические и гидравлические параметры подводящего канала (и отводящего, если сооружение устанавливается на стыке каналов). Расходная зависимость канала вычисляется по заданному коэффициенту шероховатости стенок или по заданным парным значениям "глубина- расход". При отсутствии данных для расчета канала предполагается, что пропускная способность канала не меньше максимального расхода через сооружение.

В качестве независимых переменных в расчете служат тип сооружения и его геометрические параметры. При вводе исходных данных могут быть зафиксированы все или отдельные переменные. Например, можно указать тип сооружения, необходимую форму его контрольного сечения и задать отдельные значения параметров профиля (для трапецеидального - ширину по дну, коэффициент откоса или высоту порога). После ввода исходных данных производится циклический расчет конструкций по нефиксированным переменным. Диапазон их изменения зависит от типа канала и сооружения. Сначала вычисляются общие геометрические параметры. Эти параметры совместно с геометрическими параметрами подводящего и отводящего каналов передаются в программу расчета общей геометрии участка моделирования. В результате её работы формируется массив данных описания поверхностей конструкции, определяющий граничные условия на стенках в последующем гидравлическом расчете.

Гидравлический расчет каждой конструкции включает 2 цикла расчетов - в режиме свободного истечения и в подпорном режиме. В режиме свободного истечения сначала производится расчет структуры потока и определяется расход при максимальном геометрическом напоре, заданным предельной глубиной воды в канале. Если зависимость  $Fr = f(x)$ , где  $Fr$  - число Фруда, вычислен-

ное по осредненной с сечений продольной скорости и глубине, принимает значение  $Fr=1$  в пределах сооружения, то принимается предварительное решение о работоспособности данной конструкции. Если число Фруда  $Fr < 1$ , то гидравлический расчет текущей конструкции обрывается, так как режим течения в сооружении - докритический.

Если поток в сооружении переходит в сверхкритический режим, а расход больше заданного, производится коррекция геометрии конструкции и выполняется повторный гидравлический расчет при меньшем значении напора на входе сооружения. Для определения точного значения напора при заданном расходе применяется линейная интерполяция. С целью последующего анализа выполняется расчет расхода на следующем шаге текущего значения напора и вычисляется производная  $dQ/dh$ . На втором этапе расчета при свободном истечении определяется расход и производная  $dQ/dh$  для нижней границы диапазона расходов, заданной в исходных данных или вычисленной по минимальной глубине. В подпорном режиме определяются предельные глубины нижнего бьефа на максимальном и минимальном расходах, при которых прекращается режим свободного истечения.

Процедура гидравлического расчета конструкции включает следующие основные операции: подготовка сценария расчета, включая тип и форму представления входных и выходных граничных условий и выходных данных, а также других параметров расчета по результатам предварительных исследований; формирование расчетной сетки с учетом размеров текущей конструкции; расчет входного граничного условия с учетом текущего значения напора в верхнем бьефе; гидравлический расчет и вывод данных в виде полей скоростей, давлений и уровней; пост-обработка, включая расчет расхода и функциональной зависимости  $Fr(x)$  [5].

Для окончательного выбора сооружения предусмотрены следующие критерии. Критерий “Минимальный подпор верхнего бьефа” обеспечивает выбор сооружения с минимальным подпором потока на максимальном расходе и применяется в случае малого запаса по глубине в подводящем канале. Критерий “Максимальное значение предельного относительного затопления” обеспечивает выбор сооружения с предельной устойчивостью к затоплению со стороны нижнего бьефа и используется, если в канале присутствуют дополнительные подпирающие поток сооружения. Критерии “Максимальная линейность расходной зависимости” и “Постоянная относительная ошибка определения расхода” используются при отсутствии указанных гидравлических ограничений и служат для согласования расходной зависимости сооружения с техническими параметрами применяемого измерителя глубины верхнего бьефа. Ряд приборов, например, цифровые электроконтактные уровнемеры, характеризуются абсолютной погрешностью в диапазоне измерений. Применение такого прибора в сочетании с линейной расходной зависимостью позволяет получить измерительное сооружение с постоянной абсолютной погрешностью измерения расхода. Однако такое сооружение может иметь пониженную в сравнении с другими конструкциями крутизну расходной зависимости и требовать применения более точного (и, соответственно, дорогого) измерителя глубины. Выбор сооружения



по второму приборному критерию позволяет совместить участки высокой крутизны расходной зависимости с участком наибольшей погрешности прибора при использовании измерителей уровня с точностью показаний, зависящей от величины измеряемого параметра (например, поплавковый уровнемер или ультразвуковой датчик), обеспечивая снижение общей погрешности измерения расхода. Предусмотрен расчет по сценарию пользователя, например, для выбора сооружения с использованием всех критериев.

Расходная зависимость выбранного сооружения вычисляется по индивидуальному сценарию с уточненной геометрией и граничными условиями. Результаты расчетов протестированы на экспериментальных данных и сопоставлены с расчетами стандартными методами. Погрешность расчета – меньше 2-3%. Компоненты программного комплекса реализованы на языке программирования Fortran, в средах Mathcad и Matlab. На рис. 1 показан ряд экранов интерфейса пользователя в узловых точках ввода данных.

### Выводы

Разработанная модель и программный комплекс не имеют отечественных и зарубежных аналогов, обеспечивая выбор, расчет и анализ гидрометрических сооружений для решения широкого круга задач гидрометрии в безнапорных водоводах, включая гидромелиоративные системы АПК, системы водоотведения и водопропуска муниципальных и энергетических объектов, водопропускные сооружения гидроузлов.

В сравнении с традиционными методами разработанная модель обеспечивает повышенную точность и универсальность расчета гидрометрических сооружений, расширение их диапазона измерений и существенное сокращение затрат на проведение экспериментальных исследований.

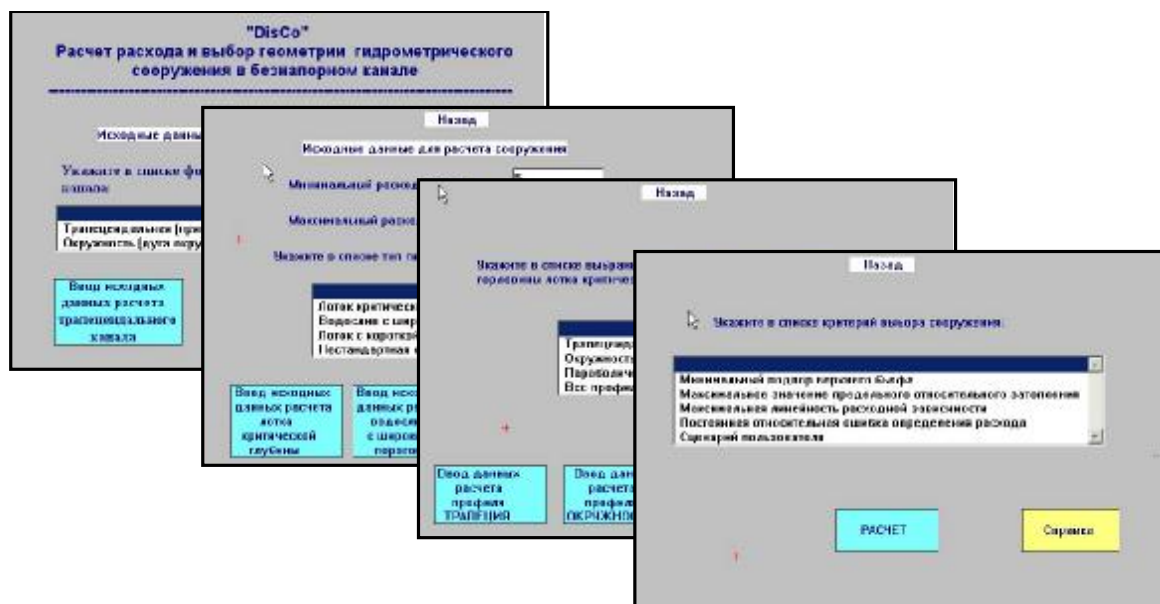


Рис. 1. Вид интерфейса пользователя программного комплекса “DisCo” при вводе исходных данных расчета

## Литература

1. Ackers P., White W.R., Perkins T.A., Harrison A.J. Weirs and Flumes for Flow Measurement// Chichester- New York- Brisbane- Toronto, John Wiley and Sons, 1978.
2. Филиппов Е.Г. Гидравлика гидрометрических сооружений для открытых потоков// Гидрометеиздат, Л., 1990.
3. ISO 4359 "Liquid Flow Measurement in Open Channels- Rectangular, Trapezoidal and U-shaped Flumes"// Geneva, ISO, 1983.
4. Wahl T.L. Performance Limits of Width-Contracted Flumes// EWRI/IAHR Conference on Hydraulic Measurements and Experimental Methods, Estes Park, Colorado, 2002.
5. Отчет НИР 12.03.07 "Теория гидравлики гидрометрических сооружений и технологии водочета на мелиоративных системах"// М., ВНИИГиМ, 2004.
6. Кушер А.М. Компьютерная технология расчета гидрометрических сооружений // "Мелиорация и водное хозяйство", №5, 2004.

УДК 532.5

## ПЕРЕПАД В КАЧЕСТВЕ ИЗМЕРИТЕЛЯ РАСХОДА (ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ)

А.М. Кушер

ГНУ ВНИИГиМ Росссельхозакадемии, Москва, Россия

Перепады широко применяются на мелиоративных системах, как для сопряжения бьефов, так и в составе конструкций дорожных переходов и водоотводов. Простота конструкции и распространенность стимулировали исследования их гидрометрических свойств, в частности, зависимости расхода  $Q$  от глубины потока над ребром перепада  $h_e$ . Необходимым условием является докритический ( $Fr < 1$ ) режим течения в канале.

Аналитическое выражение для расхода на перепаде с полностью вентилируемой струей в горизонтальном прямоугольном канале получено Н. Rouse'ом:

$$Q = CB\sqrt{g}h_e^{3/2} \quad C = \frac{\alpha}{\zeta} \frac{1}{m} \frac{\sigma^{3/2}}{\theta} \quad (1)$$

где  $C$ - коэффициент расхода,  $h_c$  – критическая глубина,  $m = h_e/h_c = 0,715$  [1]. Эксперименты других авторов на аналогичном типе перепада показали, что разброс коэффициента расхода  $C$  составляет 20% [2-3]. Путем введения ряда ограничений на геометрию канала и пределы изменения конечной глубины в Международном стандарте ISO 3847 погрешность измерения расхода на перепаде в прямоугольном канале методом конечной глубины уменьшена до 10% [4].

Целью работы являлось повышение точности измерения расхода на перепаде. В задачи исследований входил анализ влияния структуры потока на расходомерные свойства перепада и разработка нового метода определения расхода. В качестве инструмента исследований использовался программный ком-

плекс расчета гидрометрических сооружений на основе численного решения уравнений Навье-Стокса [5].

Предварительные экспериментальные исследования показали зависимость коэффициента расхода перепада от шероховатости стенок, соотношения ширина-глубина канала и числа Фруда на входе зоны водопада (участка с негидростатическим давлением) [6]. Как число Фруда, зависящее от соотношения кинетической и потенциальной энергий осредненного потока, так и профиль скоростей в длинном канале определяются касательным напряжением на стенках канала, т.е. шероховатостью русла. Поэтому расчет потока численным методом с разным граничным профилем скоростей эквивалентен изменению числа Фруда подводящего потока в экспериментальных исследованиях. Кроме того, учитывая, что длина участка формирования профиля скоростей в русловых потоках составляет не менее 30- 50 глубин, при численном моделировании потока можно пренебречь влиянием трения на изменение профиля скоростей в области моделирования длиной 5- 10 конечных глубин.

Анализ расчетных и экспериментальных данных при одинаковой геометрии перепада показало, что коэффициент расхода, форма свободной поверхности и донного давления, конечная глубина и профиль скоростей в конечном сечении зависят от профиля скоростей в канале при равной глубине подводящего потока. На рисунке 1 показано влияние профиля скоростей в канале на распределение скоростей в конечном сечении перепада. Из приведенного графика следует, что реальный профиль скоростей является промежуточным между равномерным и параболическим (1/7) профилями. В случае использования в качестве граничного условия формы экспериментального профиля скоростей расчетные параметры практически совпадают с экспериментальными данными. В частности, различие значений коэффициента расхода не превышает 1% ( $m_{exp}=0.716$ ,  $m_{calc}=0.712$ ). Близкие результаты получены для перепада в канале с  $m_{exp}=0.740$  по данным [7]. Установлено, что причиной увеличения расходного коэффициента  $m$  является более равномерный профиль скоростей в канале.

В настоящее время отсутствует законченная теория и методы расчета пространственной структуры потока в безнапорном канале. По результатам экспериментов с различными профилями в качестве универсального был выбран обобщенный профиль скоростей в канале, приводимый в форме изотак во всех Международных стандартах ISO, касающихся измерений расхода в открытых руслах, например в [4]. Зависимость положения максимума скоростей от соотношения ширина- глубина канала для этого профиля приведена на рисунке 2. В расчетах перепада по известным экспериментальным данным с унифицированным профилем скоростей погрешность расчета расхода не превышала 3%. На рис.3-4 показана расчетная структура потока на участке водопадной зоны перепада.

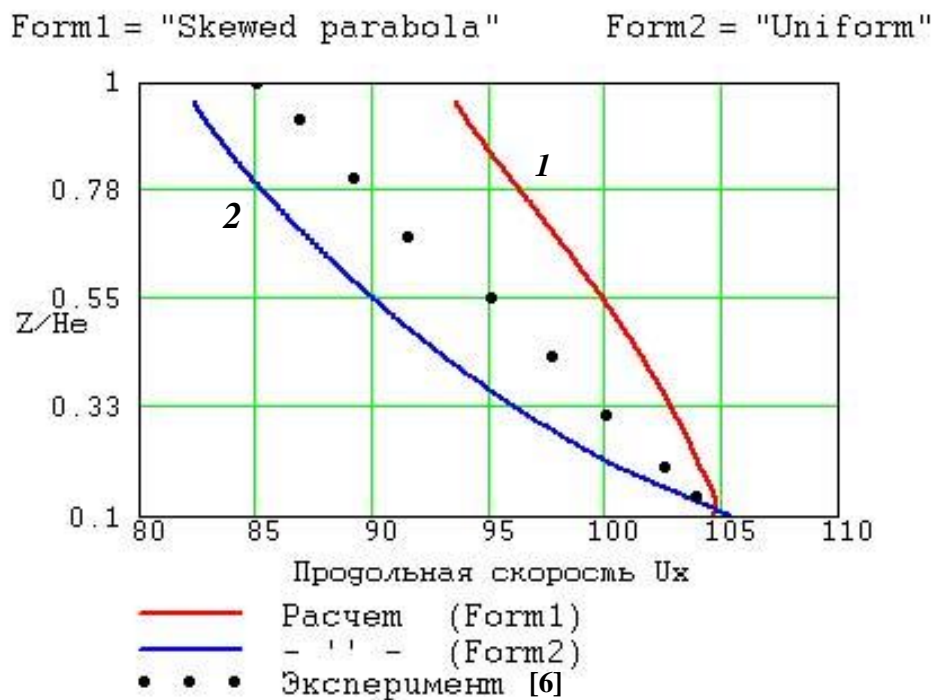


Рис.1. Эпюра продольных скоростей на ребре перепада в зависимости от профиля скорости в подводящем канале (1- парабола (степень 1/7), 2- равномерный профиль)

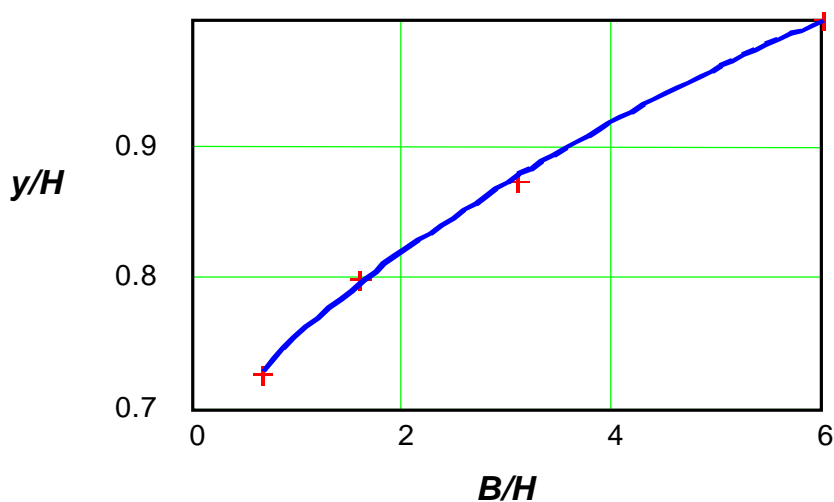


Рис.2. Зависимость заглубления максимума профиля скоростей от соотношения ширина- глубина безнапорного канала

Приведенные результаты исследований показывают возможность определения расхода на перепаде путем измерения глубины в подводящем канале вне водопадной зоны по данным предварительного гидравлического расчета с конкретной геометрией канала. Сначала по заданной геометрии и предельному расходу определяют ориентировочное значение конечной глубины (известны результаты исследований перепада в прямоугольных, трапецидальных и круглых каналах). Входная граница расчетной области выбирается на расстоянии 5-

10 конечных глубин, а выходная- в любом сечении выходящей струи. Выходное граничное условие- свободное истечение. Результатом расчета является таблица заданных на входе глубин и соответствующие значения расхода и конечной глубины.

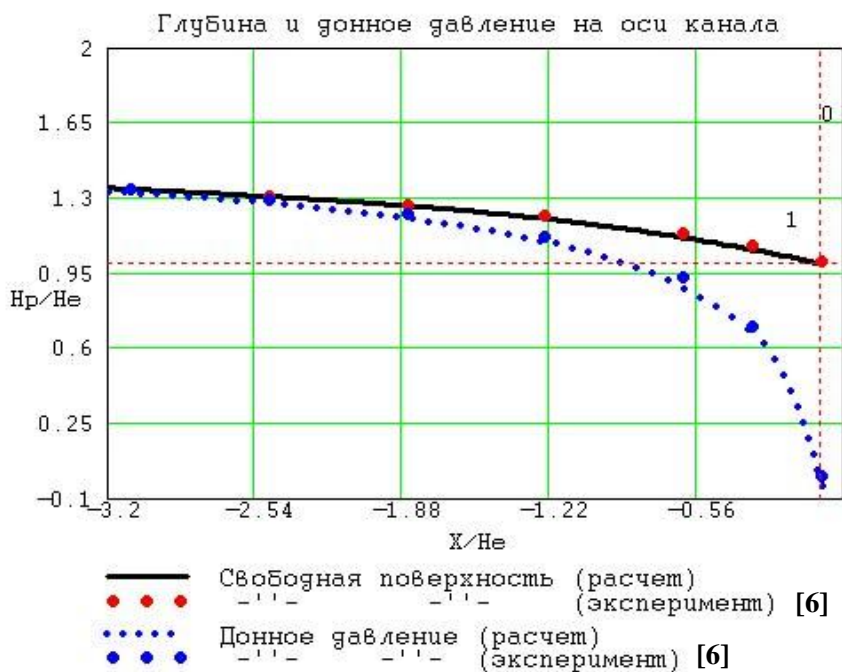


Рис. 3. Профиль свободной поверхности и донного давления  $p/g$  в расчете с унифицированным граничным условием

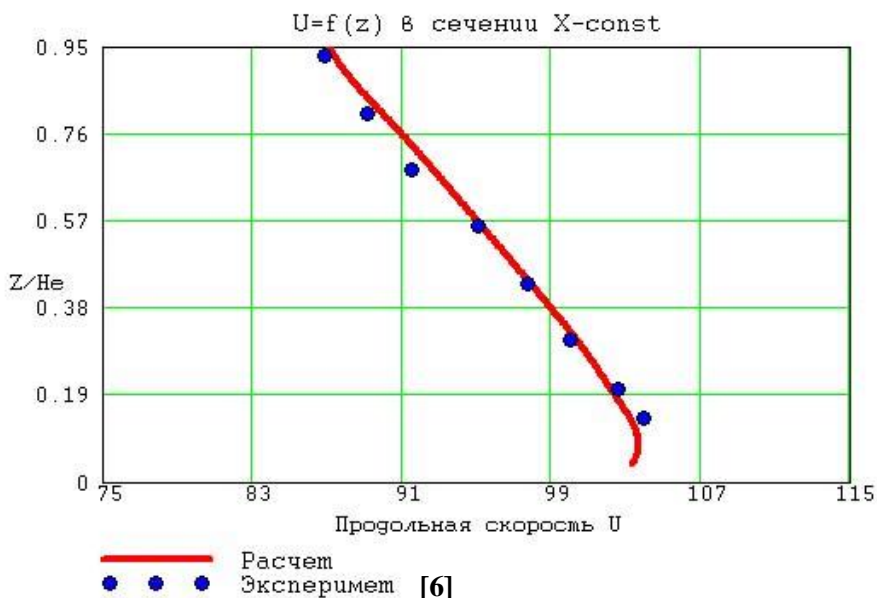


Рис. 4. Профиль продольной скорости на ребре перепада в расчете с унифицированным граничным условием

Если для измерения расхода используется стандартный метод конечной глубины, то вычисляется зависимость  $C = f(h_e)$ . Однако, существенным недостатком этого метода, ограничивающим его практическое применение из-за низкой точности измерений, является необходимость измерения глубины в сверхкритическом потоке с негидростатическим распределением давления и пульсирующей поверхностью. Первый фактор исключает возможность применения успокоительного водомерного колодца. Для измерения глубины необходим специализированный интегрирующий уровнемер, установленный в канале над ребром перепада.

В отличие от стандартного, измерение глубины предлагаемым способом производится в области спокойного докритического течения обычными средствами, что обеспечивает повышенную точность измерения расхода. Если длина подводящего канала  $L < 30h_e$  необходимо предварительное обследование профиля скоростей в контрольном сечении, выбранном для измерения глубины. Так как абсолютные значения скоростей не требуются, могут применяться простейшие средства измерений, например, трубка полного напора или датчики динамического давления разного типа.

## **Выводы**

1. Гидрометрические характеристики перепада зависят от структуры потока в подводящем канале.

2. Рассмотренный метод расчета обеспечивает определение расходной зависимости перепада с точностью не менее 3%.

3. Предлагаемый способ измерения расхода на перепаде имеет следующие преимущества в сравнении со стандартным методом конечной глубины:

- применим для произвольной геометрии подводящего канала;

- обеспечивает пониженную инструментальную погрешность измерений;

- позволяет проводить калибровку существующих и вновь построенных сооружений.

## **Литература**

1. Rouse H. Discharge Characteristics of the Free Overfall // Civil Engineering, April 1936, v.6, N4, pp. 257-260.

2. O'Brien M.P. Analysing Hydraulic Models for Effects of Distortion. // Engineering News-Record, v.109, '11, Sept. 1932, pp. 313-315.

3. Bauer S., Graf W. Free Overfall as Flow Measuring Device // Proc. of ASCE, IR1, March 1971, pp. 73-83.

4. ISO 3847. Liquid flow measurement in open channels by weirs and flumes - End-depth method for estimation of flow in rectangular channels with a free over-fall // ISO, Geneva, 1977.

5. Кушер А.М. Компьютерная технология расчета гидрометрических сооружений // "Мелиорация и водное хозяйство", №5, 2004.

6. Kusher A.M. Flow-Measuring and Hydraulic Properties of Free Overfall // ICID International Conference "Food Production and Water Social and Economic Issues of Irrigation and Drainage",

Moscow, Russia, 2004.

7. Rajaratnam N., Muralidhar D. Characteristics of the Rectangular Free Overfall. // Journal of Hydraulic Research, N3, v.6, 1968, pp. 233-258.

УДК: 574,5+582.232

## **АЛЬГОЛИЗАЦИЯ ВОДОЕМОВ – НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ БОРЬБЫ С ЦВЕТЕНИЕМ ВОДЫ**

В.В. Мелихов, Е.А. Ходяков

ГНУ ВНИИОЗ, г. Волгоград, Россия;

Н.И. Богданов

Пензенский НИИСХ, г. Пенза, Россия;

С.В. Яковлев

ФГНУ ГосНИИОРХ, г. Волгоград, Россия

Водохранилища центральных и южных регионов Российской Федерации, расположенные, как правило, в зоне интенсивного земледелия, в наибольшей степени подвержены антропогенному загрязнению, одним из проявлений которого является массовое развитие сине-зеленых водорослей. В результате сельскохозяйственных, коммунально-бытовых и промышленных сбросов в водоемы ежегодно поступают сотни тысяч тонн азот- и фосфорсодержащих химических соединений, оказывающих отрицательное влияние на структуру ихтиофауны и провоцирующих интенсификацию процессов деградации экосистемы и «цветения» воды. Большое количество биомассы водорослей скапливается в водоемах, затрудняя забор воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения и орошения сельскохозяйственных культур. Отмирание и последующее разложение сине-зеленых водорослей вызывает ухудшение кислородного режима водных источников, появлению заморных зон, а в ряде случаев – гибель рыб. Кроме того, по данным мировой статистики, примерно в 40-50 % случаев «цветения» воды происходит развитие цианобактерий, продукты метаболизма которых содержат канцерогенные соединения.

В европейской части Российской Федерации наиболее критическая обстановка, в связи с рядом специфических условий (большая площадь зеркала водоемов при относительно малой глубине и слабой проточности), сложилась в Волгоградском и Цимлянском водохранилищах. В бассейнах рек Волги и Дона проблема борьбы с сине-зелеными водорослями стоит, как никогда, актуально и остро.

Действенных способов борьбы с этим явлением в настоящее время не существует. Ни один из предложенных физических, химических, механических и других методов, и к сожалению, ни оказался достаточно эффективным, ибо громадному количеству энергии, заключенной в водорослях, необходимо противопоставить мощь технических средств.

Предполагалось, что наиболее перспективным методом депрессии «цветения» водоемов будет использование биомелиоратора – комплекса растительно-ядных рыб (белого и пестрого толстолобика). Однако использование этих рыб в

мелиоративных целях не получило должного развития, так как резкое увеличение промысловых стад растительноядных рыб ограничивается спецификой размножения, условия для которого имеются лишь в некоторых водоемах нашей страны. Поэтому воспроизводство толстолобика базируется на имущественном вселении молоди рыб рыборазводными хозяйствами.

Главное заключается в том, что растительноядные рыбы не могут повлиять на причины, вызывающие массовое развитие сине-зеленых водорослей или хотя бы, создать условия, препятствующие их развитию.

Проблема состоит в том, что в водоеме необходимо создать такие биологические условия, которые бы снижали или сдерживали развитие нежелательных видов водорослей.

Проведенными экспериментами уже доказано, что в роли антагониста сине-зеленых водорослей выступают зеленые. Преобладающее развитие последних является сдерживающим фактором «цветения» воды. К сожалению, аборигенные виды зеленых водорослей не могут в достаточной мере защитить водоем от бурного развития сине-зеленых.

Для решения этой проблемы ученым Пензенского НИИСХ Н.И. Богдановым был выделен и адаптирован штамм хлореллы (*Chlorella vulgaris* BIN) с апробацией в Пензенском водохранилище (р. Сура). После проведенной в 2001 г. альголизации водоема, то есть заселения в него микроскопической одноклеточной зеленой водоросли – хлореллы, «цветение» воды в нем не отмечалось, хотя в водохранилище поступают сине-зеленые водоросли из прилегающих водоемов.

ГНУ ВНИИОЗ проводя многолетние исследования по повышению эффективности сельскохозяйственного производства при сохранении природно-ресурсного потенциала и экологической безопасности агроландшафтов, не мог стоять в стороне от решения проблемы борьбы с сине-зелеными водорослями, поскольку вода является базовым звеном трофической связи «вода-почва - растение - животное - человек». Иными словами, химический состав и загрязненность оросительной воды влияют на плодородие почв, урожайность, качество сельскохозяйственной и животноводческой продукции, а в итоге – на здоровье людей.

Все эти вопросы неоднократно поднимались и обсуждались на конференциях различного уровня, в числе которых 6-ой Международный научно-промышленный форум «Великие реки 2004» ISEF и Комитет по экологии Ассоциации «Большая Волга» в Нижнем Новгороде (18-21 мая 2004 г.), а также проведенная по инициативе Администрации Волгоградской области Всероссийская научно-практическая конференция «Экологические проблемы загрязнения водных ресурсов, современные методы и пути их решения». В решениях этих форумов было рекомендовано ГНУ ВНИИОЗ, имеющему собственную лабораторию для культивирования штамма хлореллы, совместно с Н.И. Богдановым и Волгоградским отделением ГосНИИОРХ начать альголизацию водохранилищ Волго-Донского бассейна, наряду с одновременным проведением всего спектра необходимых научно-исследовательских работ.

Первым этапом разработанной многолетней Программы намечено проведение предварительного эксперимента в Береславском водохранилище в 2005



г., находящемся на канале Волго-Дон. Календарный план выполнения работ включает следующие этапы:

1. Предоставление общей характеристики существующей альгофлоры Береславского водохранилища и выявление массовых видов сине-зеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды;

2. Изучение современного состояния химического состава воды, количественного и качественного состава гидробионтов (фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, микрофлоры и их продукции);

3. Исследование видового состава и запасов рыб:

- промысловая ихтиофауна;
- непромысловая ихтиофауна;
- объемы зарыбления водохранилища растительноядными рыбами;
- сезонные миграции рыб;

4. Изучение гидрологического и гидрохимического режимов водоема (в затонной и проточной частях) в сезонном аспекте;

5. Выделение аборигенного штамма *Chlorella vulgaris*, исследование его физиологических особенностей;

6. Исследование адаптации штамма *Chlorella vulgaris* BIN к экологическим условиям Береславского водохранилища;

7. Экспериментальное внесение (альголизация) хлореллы в определенных участках водохранилища;

8. Определение результатов приживаемости хлореллы в Береславском водохранилище.

Разработанные рекомендации будут положены в основу практического применения на Волгоградском и Цимлянском водохранилищах, что позволит использовать приемлемые экологически-безопасные и экономически-целесообразные меры предотвращения цветения воды. Тем самым применение альголизации водохранилища позволит решить ряд экологических и народно-хозяйственных проблем:

- повысить качество питьевой воды;
- предотвратить летние заморы рыб в малопроточных заливах и участках водохранилища;
- повысить биомассу зоопланктона – кормовую базу рыб за счет максимальной усвояемости хлореллы в отличие от сине-зеленых водорослей;
- повысить естественную рыбопродуктивность водохранилища;
- сократить расходы на очистку воды для питьевых и технических нужд от сине-зеленых водорослей и очистку агрегатов насосных станций.

УДК 631.6: 548.56

## **ТЕХНОЛОГИЯ ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

Ш.О. Мурадов

Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан

Решением проблемы безотходной технологии водопользования в сельском хозяйстве является широкое внедрение экологических способов деминерализации коллекторно-дренажных и подземных вод.

Резервом в повышении водообеспеченности орошаемых земель являются огромные запасы минерализованных подземных и коллекторно-дренажных вод. Последние на юго-западе Узбекистана (Навоийская, Кашкадарьинская и Сурхандарьинская области) составляют около 3 млрд.м<sup>3</sup>. Они загрязняют реки, озера, образуют искусственные соленые водосборники. Давней проблемой и мечтой водников является повторное использование их в народном хозяйстве и в частности орошаемом земледелии.

В этой связи, актуальным решением данной проблемы является улучшение качества дренажно-сбросных и подземных вод с последующим использованием в сельском хозяйстве. Очистка, деминерализация и повторное использование дренажно-сбросных и подземных вод приведет не только к снижению антропогенной нагрузки на природу, но и к получению дополнительных объемов пресной воды.

Технологии очистки и деминерализации вод, включая коллекторно-дренажные и подземные, могут быть подразделены на две большие группы. Первая группа технологий основана на удалении из воды загрязняющих компонентов, вторая группа технологии базируется на противоположном принципе: из загрязненной воды выделяются не загрязняющие компоненты, а молекулы чистой воды. К первой группе технологий относятся способы технологической, биологической, химической, а также многие способы физико-химической очистки вод (флотация, экстракция, адсорбция, коагуляция, диализ, обратный осмос и др.). Ко второй группе относятся способы, основанные на выпаривании вод, кристаллизации сухого остатка и конденсации дистиллята.

Учеными ВНИИГиМ (Россия) предложен ионообменный способ очистки дренажных стоков от неорганических веществ, который позволяет провести полную деминерализацию обрабатываемых вод (Кирейчева Л.В и др). Она проводится путем последовательного пропускания воды через катионно- и ионообменные фильтры. Этот метод наиболее перспективен при минерализации вод более 5 г/л.

Нами же, предлагается универсальный способ где могут быть приняты коллекторно-дренажные и подземные воды весьма широкого спектра показателей: рН 3-12; минерализация - от 2 до 200г/л; тип загрязнений – как неорганический, так и органический. Это означает, что для опреснения коллекторно-дренажных и подземных вод, даже резко отличающихся по составу, могут быть использованы одни и те же установки, а сбросные воды многих гидромелиоративных и коммунально-бытовых систем могут неограниченно объединяться в общий сток для их централизованной очистки. Данный способ опреснения вод основан на гидратной технологии, сущность которой состоит о том, что при контакте газа-гидратообразователя с водой при соответствующих температурах и давлениях образуется газовый гидрат, в который входят только газ и пресная вода, а соли остаются в растворе. После выделения газового гидрата из рассола их промывают и разлагают с образованием пресной воды и газа, который вновь направляют в цикл. В промышленных установках фирмы “Копперс” (США) в качестве газа-гидратообразователя использован пропан. Однако пропану присуще многие недостатки технологического плана. Во-вторых, он огне- и взры-

воопасен. В-третьих, он дефицитен, особенно в странах и регионах, не имеющих собственных нефтяных и газовых месторождений. В нашем способе же использован широко распространенный в природе, дешевый и экологичный газ. По своим параметрам наиболее пригодным для этих целей является двуокись углерода. При этом образование гидрата двуокиси углерода осуществляются в интервале температур 275-279<sup>0</sup> К при давлениях 1400-2500 кПа.

В настоящее время известно довольно большое количество газов, образующие гидраты. Однако далеко не все они пригодны для осуществления гидратного процесса опреснения коллекторно-дренажных и подземных вод. Очень многие газы-гидратообразователи, полностью соответствуют одним критериям, совершенно не отвечают другим. Так, гидраты ряда галоидированных углеводородов (фреонов) существуют при температурах до 21<sup>0</sup>С (например, хлористый метил  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ) и давлениях не выше 1,6 кПа (бромистый метил  $\text{CH}_3\text{Br}$ ). Однако фреоны опасны с экологической точки зрения (разрушают озоновый слой земли), к тому же весьма дорогостоящи.

Весьма привлекательно применение хлора. Этот газ хорошо растворим в воде, кроме того, он имеет очень высокую критическую температуру гидратообразования (28,7<sup>0</sup>С). Однако хлор высокотоксичен и является сильным корродирующим агентом.

Перечисленным выше критериям в наибольшей степени соответствует двуокись углерода. Именно этот газ обладает существенными преимуществами по сравнению с другими газами.

Двуокись углерода не опасна в обращении, водные растворы  $\text{CO}_2$  нетоксичны для человека, поэтому не требуется полное её удаление из конечного продукта (пресной воды), более широко распространен в природе, более дешевый и экологичный газ. Гидратная технология предусматривает следующие требования к конечному продукту: рН-6, 8-7,5; сухой остаток не выше 1,0-1,5 г/л; по химическому, бактериальному составу, содержанию взвесей и физическим свойствам вода соответствует действующим нормативам. Проектная мощность промышленных установок опреснения сточных вод от 50 до 500 м<sup>3</sup>/час.

Затраты энергии при использовании гидратной технологии составляют от 2 до 6 кВт/ч на 1 м<sup>3</sup> коллекторно-дренажной воды, что примерно в 10 раз ниже по сравнению с технологиями-аналогами и на 30-40% ниже по сравнению с технологией США.

Литература:

1. Кудельская Г.А., Колесникова Л.Н. Очистка промышленных сточных вод зарубежом. Киев: УкрНИИТИ. 1970.- с. 5-26
2. Кирейчева Л.В. Условия очистки дренажных вод методом ионного обмена. -М.: ВНИИ-ГиМ, 1992.-15 с.
3. Патент Р.Узб N IDP04339 от 24.12.1998. Кл.с.02 F 1/00, E 02 D 19/00
4. Патент США N 2904511, кл. 210-59, 1559

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ВОДООТВЕДЕНИЕ В МЕЛИОРАЦИИ**

Е.В.Овчинникова

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Водные мелиорации являются одним из крупнейших потребителей водных ресурсов и весьма значимым источником загрязнения поверхностных и подземных вод. Коллекторно-дренажные воды гидромелиоративных систем содержат соли, нитритный и аммонийный азот, фосфор, пестициды, тяжелые металлы и другие загрязняющие вещества.

Для защиты водных экосистем от загрязнения при сбросе дренажных вод необходима реализация комплекса превентивных мероприятий, направленных на снижение безвозвратного водопотребления, минимизацию объемов и загрязненности коллекторно-дренажных вод.

Важным этапом экологизации водоотведения в мелиорации является повышение качества коллекторно-дренажных вод с целью безопасного их отведения в водоемы или внутрисистемного использования для орошения.

В современной практике повышения качества минерализованных и загрязненных дренажных вод применяются различные методы очистки: физические – дистилляция, вымораживание, активация; химические – ионный обмен, опреснение клатратами; физико-химические – электродиализ, обратный осмос, сорбция; биологические и биохимические методы, основанные на использовании очистительной способности аэробных и анаэробных микроорганизмов, водорослевых образований – микрофитов и высших водных растений – гидромакрофитов. Сравнительный анализ рассмотренных методов и технологий повышения качества загрязненных вод показал, что биохимические методы очистки с использованием высших водных растений экологически безопасны, характеризуются низкой энергоемкостью, сравнительно невысокими капитальными вложениями.

Во ВНИИГиМ (авторы С.Я.Безднина, О.И.Куприянов, Е.В.Овчинникова) разработаны экологически безопасные, малоэнергоемкие технологии и конструкции сооружений биохимической очистки и регулирования качества коллекторно-дренажных вод.

**Технология биохимической очистки** коллекторно-дренажных вод построена на сочетании очистительной способности высших водных растений (гидромакрофитов), трав, аналогичных свойств грунтов, микроорганизмов, предназначена для снижения содержания токсичных солей (хлоридов, сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов), биогенов, тяжелых металлов, пестицидов и других загрязняющих веществ с целью экологически безопасного отведения коллекторно-дренажных вод в водные объекты.

**Технология биохимического регулирования качества коллекторно-дренажных вод** включает биохимическую очистку и кондиционирование воды с целью экологически безопасного, внутрисистемного использования коллек-

торно-дренажных вод для орошения и получения дополнительной, доброкачественной сельскохозяйственной продукции. Кондиционирование воды – комплекс технологических мер и процессов, направленных на обработку воды с целью доведения ее состава и свойств до требуемых значений и характеристик. В данной технологии состав и свойства воды должны соответствовать требованиям, предъявляемым к качеству воды для орошения. Кондиционирование воды включает аэрацию и химическую мелиорацию воды.

На рис. 1 приведена технологическая схема биохимического регулирования качества коллекторно-дренажных вод.

В соответствии с технологиями разработаны конструкции сооружений биохимической очистки и биохимического регулирования качества коллекторно-дренажных вод.

**Сооружение биохимической очистки** (патент на изобретение № 2060970 от 27.05.1996 г.) разработано для безопасного сброса очищенных дренажных вод в водоисточники, состоит из двух последовательно расположенных блоков физико-химической и биохимической очистки.

**Сооружение биохимического регулирования качества** коллекторно-дренажных вод (патент на изобретение № 2168470 от 10 июня 2001 г.) разработано для регулирования качества коллекторно-дренажных вод, предназначенных для орошения, состоит из двух блоков физико-химической и биохимической очистки, аналогичных по принципу действия блокам сооружения биохимической очистки и дополнено третьим блоком – кондиционирования воды.

**Первый блок физико-химической очистки** предназначен для очистки воды от плавающих примесей, взвешенных частиц, снижения концентрации различных загрязняющих веществ, растворенных в воде, регулирования рН и уменьшения экологической нагрузки на биохимический блок. Блок физико-химической очистки представляет собой специально разработанный и рассчитанный по технологическим и техническим показателям водоем удлиненной прямоугольной формы, встроенный непосредственно в русло открытого коллектора или параллельно коллектору. Дно и вертикальные стенки блока укреплены железобетонной облицовкой или другим водонепроницаемым материалом. В начале блока физико-химической очистки предусмотрена аванкамера, оборудованная сороудерживающей решеткой, предохраняющей от попадания в блоки сооружения крупных плавающих и взвешенных примесей. На выходе аванкамеры установлен водослив-водомер.

Основное условие работы блока физико-химической очистки заключается в том, что время осаждения частицы, попавшей в блок в самом верхнем слое воды, не должно превышать ее времени перемещения на длину блока, отсюда:

$$\frac{H}{w} \leq \frac{L}{v}, \quad \text{откуда } L = \alpha \frac{vH}{w},$$

где  $H$  – глубина блока, м;  $L$  – длина блока, м

$v$  – средняя скорость потока воды, м/с;

$w$  – средневзвешенная скорость осаждения частицы, м/с;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий турбулентность потока, обычно находится в пределах  $\alpha = 1,2-1,5$ .

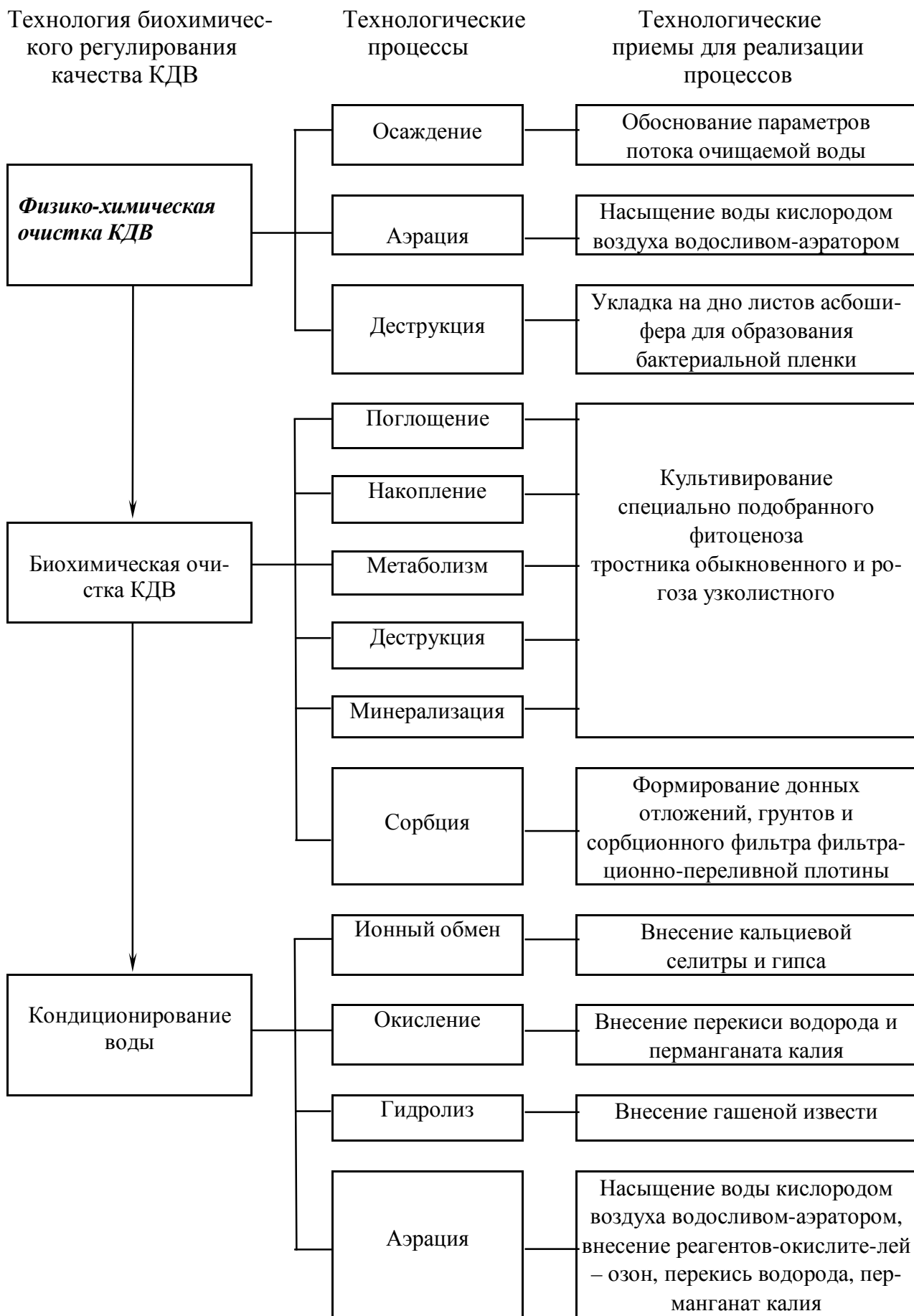


Рис. 1. Технологическая схема биохимического регулирования качества коллекторно-дренажных вод

**Второй блок биохимической очистки** предназначен для очистки воды от пестицидов, тяжелых металлов, биогенов, токсичных солей ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) и других загрязняющих веществ. Блок биохимической очистки представляет собой биологический канал, на грунтовом, илистом дне которого культивируется искусственно развитый фитоценоз тростника обыкновенного и рогоза узколистного. Оптимальная для роста и развития тростника и рогоза глубина воды в блоке составляет 0,5-0,7 м, плотность посадки 80 экз./м<sup>2</sup> и 75 экз./м<sup>2</sup>, соответственно. Для снижения фильтрационных потерь, защиты от поступления в блок грунтовых вод, предохранения от размыва и оползания, вертикальные стенки блока укреплены железобетонной облицовкой или другим водонепроницаемым материалом.

Процесс очистки основан на сочетании очистительной способности культивируемого в блоке фитоценоза высшей водной растительности, аналогичных свойств грунтов донных отложений и естественной аэрации воды водосливами-аэраторами, установленными между первым и вторым блоком и после второго блока. Для повышения эффективности процесса очистки коллекторно-дренажных вод во втором блоке предусмотрено устройство специальной фильтрационно-переливной плотины. Плотина делит блок на две неравные секции, длина первой секции блока в 2 раза превышает длину секции за плотиной. Фильтрационно-переливная плотина и водослив-аэратор являются техническими средствами поддержания в блоке уровня воды 0,5-0,7 м, благоприятного для роста и развития гидромакрофитов. Фильтрационно-переливная плотина позволяет реализовать в блоке два режима уровней воды: первый фильтрационный – не превышает отметку гребня плотины и поддерживается только фильтрацией воды сквозь тело плотины и выходным водосливом-аэратором, второй – переливной режим, при котором уровень воды превышает отметку гребня плотины и поддерживается переливом через тело плотины, фильтрацией сквозь ее тело и выходным водосливом-аэратором. В блоке предусмотрен также сбросной режим, при котором вода из блока физико-химической очистки в блок биохимической очистки не поступает, а сбрасывается через проложенные в грунте вдоль всего блока трубопроводы в накопительную емкость или водоприемник. Режим сброса необходим при посадке и скашивании гидромакрофитов в конце периода вегетации. Возможность работы блока в нескольких режимах позволяет гибко реагировать на изменение расхода воды и степени ее загрязнения.

**Третий блок – блок кондиционирования** представляет собой водоем прямоугольной формы. Вертикальные стенки и дно блока укреплены железобетонной облицовкой или другими водонепроницаемыми материалами. Блок кондиционирования непосредственно стыкуется с выходным водосливом блока биохимической очистки. Длина блока определяется из условия, что суммарная длина падающей струи и гидравлического прыжка не должны превышать длину блока.

Кондиционирование включает аэрацию и химическую мелиорацию воды. Аэрация – насыщение дренажных вод кислородом воздуха или использованием реагентов-окислителей (озон, перекись водорода, перманганат калия и другие).

Насыщение воды кислородом производится двумя основными способами – безреагентным и реагентным. Наиболее простым безреагентным способом является метод упрощенной аэрации. На практике он может осуществляться с помощью прохождения воды через водосливы-аэраторы, барботированием воды и т.д. Применение реагентных методов производится в случаях, когда простая аэрация недостаточно эффективна или не достигает нужных результатов.

Сущность химической мелиорации заключается в добавлении в воду химических веществ с целью: выведения токсичных ионов, изменения соотношения ионов (для предотвращения процессов засоления, осолонцевания и содообразования почв при поливе), обогащения воды элементами питания растений (внесение микроэлементов и удобрений в воду), приведения к норме рН (6,4-8,0).

Химическая мелиорация осуществляется путем введения в воду экологически безопасных химических мелиорантов (кальциевая селитра, известь, гипс) и реагентов (перекись водорода, перманганат калия) для окончательного регулирования рН, содержания карбоната, бикарбоната натрия, соотношения натрия к кальцию, магния к кальцию.

Разработанная технология биохимического регулирования качества коллекторно-дренажных вод основана на принципах повышения качества воды, максимально приближенным к природным процессам, способствует созданию экологически безопасных гидромелиоративных систем с замкнутым циклом водопользования, экономии водных ресурсов, освоению новых земель и получению дополнительной сельскохозяйственной продукции.

УДК 626.824

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ГИДРОМЕТРИЧЕСКАЯ ТРУБКА - НОВЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ВОДЫ**

У.Р.Расулов

НПО «САНИИРИ», Ташкент, Республика Узбекистан

Как известно, единственным и самым распространенным на практике средством измерения скорости воды до сих пор остается гидрометрическая вертушка (ГМВ).

Несмотря на широкую распространенность ГМВ присущ ряд существенных недостатков, к которым можно отнести: неоперативность информации; индивидуальность градуировочной характеристики, составление которой и дальнейшие периодические поверки ее требуют наличия дорогостоящего специального стенда; неприменимость ее без полной разборки, чистки, сборки и смазки после каждого использования, и т.п.

Основной причиной отмеченных недостатков ГМВ является наличие в ее конструкции механически движущихся и трущихся элементов и узлов, не защищенных от вредных воздействий воды.

Следует отметить, что, в свое время, были сделаны попытки совершенствования работы ГМВ - разработаны электронные средства обработки сигналов



лопастей и представления информации в готовом виде с целью создания удобства при пользовании ею. Однако эти совершенствования касались только обработки сигналов, формированных ГМВ, а не формирования самих сигналов о скорости воды, поэтому они не нашли широкого практического применения.

Из зарубежных нам известна ГМВ усовершенствованной конструкции в комплекте с электронным блоком обработки сигнала. Отличительным преимуществом этой ГМВ является изоляция (защита) узла подшипников от воды и ее воздействий, которая позволила резко уменьшить трудоемкость эксплуатации. Однако ее стоимость достаточно высокая (около 2000 долларов США). Кроме того, энергоемкость ее электронного блока большая.

В данной работе приводятся основные результаты работ по разработке, изготовлению и экспериментальным исследованиям усовершенствованной гидрометрической трубки (ГМТ), работа которой основана, как и работа традиционных трубок Пито на определении скорости воды по разности динамического и статического давлений (уровней) воды в измерительных трубках, опускаемой в контролируемую точку потока воды, и обусловленной скоростью воды.

Основные разновидности традиционных трубок Пито, принципы и особенности их работы достаточно подробно описаны в литературе. Поэтому ниже несколько подробнее остановимся только на основных недостатках известных разновидностей традиционных трубок Пито, ограничивающих их широкое практическое применение.

К основным недостаткам известных трубок Пито можно отнести следующие:

- недопустимо большая погрешность измерения, особенно при малых скоростях, обусловленная малой чувствительностью метода при малых скоростях, а также из-за невозможности снятия достаточно точных отсчетов об уровнях воды в измерительных трубках ввиду непрерывных и достаточно интенсивных пульсационных колебаний их в процессе работы;

- относительно большие габариты - длины измерительных трубок, по значению превышающие глубину погружения ГМТ в контролируемую точку потока и вследствие этого, зависимость их от глубины нахождения контролируемой точки, что неудобно при пользовании ими.

Для устранения отмеченных недостатков известных трубок Пито ее конструкция усовершенствована. Усовершенствования заключаются в некотором изменении и дополнении ее конструкции.

Изменения конструкции заключаются в изгибе верхнего конца третьей (вспомогательной) трубки вниз - к свободной поверхности контролируемого потока воды

Такое выполнение конструкции ГМТ позволяет заполнить (заправить) ее обе измерительные - динамическую и статическую трубки в процессе работы водой до заданного значения по высоте, а также уменьшить габариты - длину измерительных трубок до минимума, и сделать ее не зависящей от глубины контролируемой точки потока, а зависящей только от значения перепада (разности) уровней воды, обусловленного значением измеряемой скоростью потока воды.

Дополнение конструкции известной ГМТ заключается в снабжении нижних частей обеих измерительных трубок сдвоенным клапаном с общей ручкой манипулирования. Клапан в исходном состоянии открыт, а в рабочем - закрывается для фиксации рабочих положений уровней воды в трубках. Кроме того, для возможности снятия отсчетов о рабочих положениях уровней воды измерительные трубки снабжены одной - общей для обеих трубок сантиметровой шкалой с миллиметровыми делениями на рабочем участке.

Таким образом, предлагаемая ГМТ конструктивно состоит из трех: двух измерительных - динамической и статической, и одной - вспомогательной трубок. Динамическая трубка имеет Г-образную форму, и нижним - открытым концом направляется навстречу потоку воды. Статическая трубка - прямая, и нижним - открытым концом направляется перпендикулярно вектору скорости потока воды.

Открытый конец вспомогательной трубки повернут по отношению к измерительным трубкам на  $180^\circ$  и направлен перпендикулярно свободной поверхности потока воды. Все три трубки в верхней части между собой сообщены. Обе измерительные трубки в нижних частях снабжены сдвоенным клапаном одновременно закрывающимся для фиксации рабочих положений уровней воды в измерительных трубках. Для возможности снятия отсчетов о рабочих положениях уровней воды измерительные трубки снабжены одной - общей для обеих измерительных трубок шкалой на рабочем участке. Длина рабочего участка измерительных трубок изготовленного образца ГМТ - 200 мм, что соответствует максимальной скорости потока воды 2 м/с.

Работа сдвоенного клапана регулируется при помощи рычага, размещенного на рукоятке. Общая конструктивная длина изготовленного образца ГМТ равна 300 мм (без рукоятки).

Нижние концы всех трех трубок - двух измерительных и одной вспомогательной трубок открыты, а верхние концы всех трех между собой сообщены.

Заправка (заполнение) водой измерительных трубок при работе предлагаемой ГМТ происходит следующим образом. Начнем с рассмотрения случая стоячей воды, т.е. когда скорость  $V$  воды равна нулю. ГМТ будем опускать в воду в вертикальном положении. При этом ввиду открытости нижних концов динамической и статической трубок, открытости и свободы (от воды) нижнего конца вспомогательной трубки, а также открытости клапана вода будет входить в обе измерительные трубки через их нижние открытые концы до тех пор, пока нижний открытый конец вспомогательной трубки не коснется - не сравняется с высотным положением свободной поверхности воды. Причем, ввиду отсутствия течения воды уровень воды в обеих измерительных трубках одинаковы, а по высоте совпадают с нижним концом вспомогательной трубки. При дальнейшем погружении ГМТ в воду уровни воды в них не меняются, т.к. в верхних частях их находится воздушная пробка, образованная в результате касания нижнего открытого конца вспомогательной трубки со свободной поверхностью воды.

Таким образом, можно сказать, что измерительные трубки заправились водой автоматически до определенного уровня, который зависит от высотного

положения нижнего конца вспомогательной трубки. Следовательно, назначая его высотное положение можно менять исходное значение уровней воды в обеих измерительных трубках.

При опускании предлагаемой ГМТ в поток воды, направляя открытый конец динамической трубки навстречу потоку воды происходит то же самое, что и в случае со стоячей водой, но лишь с той разницей, что во втором случае уровень воды в динамической трубке будет выше по сравнению с уровнем воды в статической трубке, обусловленное скоростью  $V$  течения воды. Если при этом закрыть клапан при помощи рычага, размещенного на рукоятке, то рабочее положение уровней воды в измерительных трубках окажутся фиксированными и изолированными от потока воды. Вытащив ГМТ из потока воды можно снять отсчеты о рабочих положениях уровней воды в обеих измерительных трубках в их стоячих (в успокоенных) положениях, т.е. безо всяких пульсационных колебаний, что позволяет существенно повысить точность измерения, особенно при малых скоростях, и по значению их разности, пользуясь готовой таблицей, составленной по известной стандартной зависимости

$$V = \sqrt{2gZ} = 4,43\sqrt{Z}, \text{ м/с}, \quad (1)$$

где  $Z$  - разность отсчетов об уровнях воды в динамической и статической трубках, м;

$g$  - ускорение свободного падения, значение которого принимаемое для обычных технических расчетов, равным  $9,81 \text{ м/с}^2$ ,

можно определить скорость течения воды в данной точке потока. После этого можно открыть клапан и она (ГМТ) снова готова для очередного измерения.

Нами изготовлен один из возможных вариантов экспериментального образца предлагаемой ГМТ. Материал трубок - нержавеющая сталь, наружный диаметр  $d$  трубок - 16 мм, внутренний - 14 мм.

Измерительные трубки на рабочем участке (на участке 200 мм) имеют сквозной продольный вырез, изнутри снабжены (заделаны герметично) прозрачным стеклом и миллиметровой шкалой для возможности снятия отсчетов об уровнях воды в измерительных трубках. В изготовленном варианте ГМТ в качестве клапана использован сдвоенный кран самоварного типа, регулируемый при помощи рычага с рукояткой. С целью установления работоспособности и предварительного определения основных метрологических характеристик изготовленного образца ГМТ проведены экспериментальные испытания ее в лабораторных и натуральных условиях.

При проведении испытаний в лабораторных условиях использовался лабораторный стенд, имеющий в своем составе в качестве открытого водотока бетонный стандартный параболический лоток типа "ЛР-60".

В качестве образцового средства измерения скорости воды использовалась гидрометрическая вертушка (ГМВ), комплектованная электронным блоком преобразования и представления информации о скорости воды в цифровом виде.

Для проведения испытаний ГМВ устанавливалась на фиксированную точку потока воды лотка на определенной глубине осевой вертикали потока.

Испытуемая ГМТ каждый раз опускалась на ту же глубину потока воды осевой вертикали лотка на расстоянии около 0,5 м выше по течению.

В лотке "ЛР-60" создавался установившийся режим течения воды при различных значениях расхода, следовательно, и скорости воды при которых многократно (3...5 раз) снимались отсчеты показаний ГМВ и измерительных трубок ГМТ.

Экспериментальные испытания изготовленного образца ГМТ в натуральных условиях проведены на канале Карасу, протекающего по территории НПО "САНИИРИ".

Для этого скорость потока воды в определенных точках канала Карасу измерялась ГМВ и испытуемой ГМТ.

Для определения численных значений скоростей  $V$  воды, измеренных ГМТ по разности уровней  $Z$  воды в измерительных трубках для удобства пользовались заранее составленной таблицей по зависимости (1).

Экспериментальными исследованиями предлагаемой ГМТ, проведенными как в лабораторных, так и в натуральных условиях охвачен диапазон скоростей воды от 0,2 до 1,4 м/с. Судя по полученным результатам проведенных экспериментальных испытаний изготовленного образца предлагаемой ГМТ можно сказать, что ее метрологические характеристики (в основном, точность измерения) не хуже метрологических характеристик использованной ГМВ.

Однако для полной оценки метрологических характеристик предлагаемой ГМТ необходимо провести дополнительные и более детальные испытания, проведя сравнительные измерения скорости воды ею и образцовым средством измерения скорости воды с более высокой точностью, чем точность использованной нами ГМВ, например на специальном тарировочном стенде. Предлагаемая ГМТ имеет следующие основные преимущества по сравнению с известными средствами измерения скорости воды:

- не потребность в индивидуальной градуировке и в дальнейших периодических поверках на специальном дорогостоящем тарировочном стенде;
- оперативность информации об измеряемом параметре - скорости воды;

- достаточно высокая точность и надежность измерений, в том числе, и в полевых условиях;

- отсутствие в конструкции механически движущихся и трущихся элементов и узлов, могущих отрицательно влиять на ее метрологические характеристики;

- небольшие габаритные размеры и независимость их от глубины положения контролируемой точки потока воды;

- простота конструкции и удобство в эксплуатации;

- не потребность в каких-либо посторонних источниках энергии и т.п.

УДК 626.8:577.4:333.93:631.6 (470.47)

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБВОДНИТЕЛЬНО-ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ПОЛУПУСТЫННОЙ И ПУСТЫННОЙ ЗОНАХ КАЛМЫКИИ**

М.А. Сазанов, С.И. Ковриго

КФ ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Элиста, Россия

Расположенная на юго-востоке Европейской части России, Республика Калмыкия характеризуется неблагоприятными природными условиями и тяжёлой почвенно-мелиоративной обстановкой. В аридную область входит около 70% территории республики.

*В полупустынной зоне* расположены две крупные оросительно-обводнительные системы, водоисточником которых является р.Волга, – Сарпинская ООС и Калмыцко-Астраханская РОС (общая площадь 50,9 тыс.га, из них регулярного – 23,4 тыс.га, остальная – лиманы). Наибольшее распространение здесь получили рисовые инженерные оросительные системы, площадь которых составляет около 20 тыс.га. Поэтому их основная специализация - рисоводство и кормопроизводство.

Сложные и тяжёлые природно-гидрогеологические условия, складывающиеся из-за бессточности и слабой естественной дренированности данного региона, выдвигают необходимость строительства искусственного дренажа (потребность в котором составляет 70...80%). Однако фактически дренаж имеется только на 26% площадей. В результате за годы эксплуатации оросительных систем (с начала 60-х гг.) произошло существенное ухудшение экологической обстановки, в связи с резким поднятием уровня высокоминерализованных грунтовых вод и развитием процессов вторичного засоления и осолонцевания почв, и 70% площадей орошаемых земель имеют плохое мелиоративное состояние. Для полива применяется в основном пресная вода из р. Волга. Но в последние годы из-за острого дефицита пресной воды стали практиковать повторное использование коллекторных дренажно-сбросных вод пониженных классов качества, которыми в настоящее время поливается до 23 % от орошаемых площадей (в основном кормовые культуры и частично рис).

Территория *пустынной зоны* характеризуется крайней засушливостью. Здесь размещены самая крупная оросительно-обводнительная система республики – Черноземельская ООС (общая площадь орошаемых земель – 65,7 тыс. га, из них регулярного – 24,7 тыс.га) и Каспийская ООС (площадь 1,2 тыс.га). Орошаемая пашня составляет в настоящее время от 21 до 92% (в среднем 53%) от общей площади пашни или 0,3...1,5% (в среднем 0,8%) от сельхозугодий. Орошаемые земли используются в основном (до 90%) для производства кормов и овощей. Гидрогеологические условия в пустынной зоне сложные, т.к. территория практически бессточна (за исключением общего незначительного уклона в сторону Каспийского моря). Обеспеченность дренажем - около 32 %, уровень его эффективности низкий. Для орошения используется в основном вода из Чограйского водохранилища (куда вода поступает из рр. Кума и Терек), частично

местный сток и дренажно-сбросные воды. До 90 % орошаемых площадей поливается водой с повышенной минерализацией от 1,2 до 2,0 г/л. Поэтому в отсутствие дренажно-сбросной сети (потребность в которой составляет от 70 до 80%), наблюдается ухудшение их эколого-мелиоративного состояния и в настоящее время на Черноземельской ООС по причине вторичного засоления и недопустимого уровня высокоминерализованных грунтовых вод к неблагоприятным относятся около 77% площадей орошения.

Широко развито в полупустынной и пустынной зонах республики лиманное орошение. В целом насчитывается свыше 150 тыс.га лиманообразных понижений, приуроченных главным образом к Прикаспийской низменности. Площадь лиманов с подпиткой от каналов ООС составляет 37,3 тыс.га.

В республике наблюдается интенсивный процесс снижения использования орошаемых земель. За последние четыре года практически вдвое сократилась площадь используемых земель регулярного орошения - с 34,3 тыс.га до 17,3 тыс.га, что составляет 32,2% от общей площади регулярного орошения. Также далеко не полностью используются участки инициативного орошения. Инженерных лиманов затопляется только 26...27 тыс.га (до 60% от наличия). Основной причиной низкого использования орошаемого фонда является хронический недостаток финансовых средств, вследствие чего не проводятся мероприятия: по текущему ремонту и реконструкции ГСМ, обновлению и ремонту водополливной техники (износ достигает 90%, потребность в насосных станциях удовлетворена на 28%, а в дождевальных машинах на 26% и т.п.).

Анализ минерализации и химического состава оросительных и дренажных вод показывает следующее. На Сарпинской ООС наиболее высоким качеством ( $\Sigma$  солей = 0,3...0,4 г/л, сульфатно – гидрокарбонатно – кальциевый состав), соответствующим I классу, обладает вода в распределительных каналах (Р-1 и пр.), поступающая из р. Волга. Но поскольку все подводящие каналы имеют земляное русло и проходят по территории с высоким содержанием водорастворимых солей в почвенном профиле, то волжская вода по мере её транспортировки ухудшается по всем показателям и, прежде всего, по химизму минерализации. В хозяйственных оросителях она уже имеет минерализацию 0,7...0,8 г/л, а химический состав переходит в хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевый и соответствует II классу качества. В чеках происходит дальнейшее обогащение воды солями: общая минерализация повышается до 0,9...1,0 г/л, увеличивается содержание хлора и натрия. За последние годы в связи с дефицитом воды и дороговизной подачи её для орошения возникла необходимость в более полном использовании для этих целей дренажно-сбросных вод с рисовых оросительных систем. Они могут использоваться непосредственно из дренажно-сбросных каналов в период с июня по август, когда минерализация их снижается до 1,5...3,0 г/л, или (в большей мере) – после смешивания их с волжской водой, т.к. в весенний и осенний периоды дренажный сток имеет более высокую минерализацию и по основным показателям соответствует IV-му классу качества. Минерализация и качественные показатели воды в основном приёмнике дренажно-сбросных вод с рисовых систем (оз. Сарпа), аккумулирующем ежегодно их объёмы в размере 20...50 млн.м<sup>3</sup>, меняются по годам и сезонам года в до-

вольно широких пределах от 2 до 13 г/л. Она пригодна для орошения только при содержании солей не более 6 г/л.

На Черноземельской ООС вода, поступающая в Чограйское водохранилище по Кумо-Манычскому каналу, имеет минерализацию 1,0...1,4 г/л, сульфатно-натриево-кальциевый состав и по всем показателям относится ко второму классу качества. Минерализация воды в самом водохранилище возрастает до 1,3...1,5 г/л, а в распределителях, подающих воду хозяйствам, она увеличивается уже до величины 1,5...1,9 г/л, т.е. по опасности общего засоления она приближается к третьему классу качества. Ещё более высокая минерализация (2,1...4,5 г/л) и худшие показатели качества (III и IV классы) характерны для сбросной воды.

Анализ структуры водопользования показывает, что суммарная подача воды на все нужды в полупустынной и пустынной зонах Калмыкии по государственным системам (СООС, ЧООС) за 2000-2003 годы имеет тенденцию к снижению. В пределах республики на орошение в последние годы расходуется 51...60% от общей водоподачи, в том числе по Черноземельской ООС – 52...83% и по Сарпинской ООС – 87...89%. [ 1 ].

Ввиду ограниченности водных ресурсов в полупустынной и пустынной зонах Калмыкии, необходимо осуществлять их строгое нормирование в зависимости от нужд различных отраслей народного хозяйства (орошаемого земледелия, животноводства, агропромышленности, водоснабжения и др.), а также применять оптимальные схемы систем водопользования.[2].

Расчёты по фактическому водопотреблению на различные нужды в 2003 г., по СООС и ЧООС, приведенные в таблице 1, показывают, что большая часть (около 90%) подаваемой и потребляемой воды идет на орошение, и только около 10% - на животноводство (1 ...9 %) и производственно-бытовые нужды - (2,3 ...4,2 %).

Система водопользования для хозяйственно – питьевых нужд сельских населённых пунктов и ферм имеет следующий вид: для забора воды из открытого источника (канал, водоём) на берегу сооружается приёмный береговой колодец, куда вода попадает по трубе самотёком. Из колодца вода с помощью насоса насосной станции через очистное устройство подаётся в водонапорный бак и далее по магистральному водопроводу поступает к потребителям.

Схема пастбищного водопровода представляет собой следующее: вода из открытого водоёма или канала насосом подаётся по трубе в резервуар, а затем самотёком поступает в водопойный пункт. Возможен также вариант с использованием передвижной автопоилки или водораздатчика.

Одним из эффективных путей экономии пресной воды является использование для целей орошения минерализованных вод. При правильно подобранном комплексе мероприятий, устраняющих или снижающих сопутствующие ему негативные явления, успешно решается несколько задач: получение дополнительного количества кормов, рациональное использование местного стока, утилизация дренажно-сбросных вод путём повторного их потребления, экономия оросительной воды.

Таблица 1. Расчёт потребности воды на различные нужды в зоне деятельности Черноземельской и Сарпинской ООС

Потребители воды	Нормы водо-потребления, л/сут.	Поголовье скота, численность населения, тыс.		Потребность, тыс.м <sup>3</sup>			
		ЧООС	СООС	за сутки		за год	
				ЧООС	СООС	ЧООС	СООС
1. Орошение	-	-	-	-	-	89900	125400
2. С/х водоснабжение и обводнение	-	-	-	31,2	18,8	11388,0	6843,8
Из них: Животноводство, всего:	-	499,9	173,1	6,3	3,65	2299,5	1332,3
в т.ч. - овцы	8	460,6	133,9	3,7	1,1	1350,5	401,5
-КРС	65	36,4	38,4	2,4	2,5	876,0	912,5
-лошади	60	2,9	0,8	0,2	0,05	73,0	18,3
Производственно-бытовые нужды - всего:	400	62,1	38,0	24,9	15,1	9088,5	5511,5
в т.ч. -питьевые	50	-	-	3,1	1,9	1131,5	693,5
-специально-бытовые	80	-	-	5,0	3,0	1825,0	1095,0
-производственные	10	-	-	0,6	0,4	219,0	146,0
-полив приусадебных участков	230	-	-	14,3	8,7	5219,5	3175,5
-животные в личном пользовании	30	-	-	1,9	1,1	693,5	401,5
Итого:						101288	132244

Результаты наших полевых опытов показывают, что в республике возможно получение высоких урожаев кормовых культур - люцерны и суданской травы - (до 13...16 т/га а.с.в.) с поливом минерализованной водой (до 6 г/л) при обеспечении хорошей дренированности орошаемых земель в сочетании с внесением расчётных доз минеральных удобрений и микроэлементов.

Установлена также возможность создания замкнутых систем водопользования на примере рисовых оросительных систем (Сарпинская ООС) и гидромелиоративных систем нового поколения – многоцелевых оазисного типа. Для этого разработаны и предложены соответствующие схемы экологически безопасных систем водопользования, позволяющие обеспечить экономию водных ресурсов на 25...30%.

Таким образом, в целях обеспечения экологически безопасного и экономически эффективного функционирования систем водопользования в АПК Республики Калмыкия в настоящее время необходимо выполнение следующего комплекса мероприятий: создание новых экологически устойчивых, и эффективных конструкций ГМС и систем водопользования на базе современных технологий; внедрение принципов экосистемного водопользования, способствующего



щих уменьшению безвозвратного водопотребления, непроизводительных расходов и потерь воды в процессе водохозяйственной деятельности; предупреждение загрязнения почв, поверхностных и подземных вод, продукции агропромышленного производства; минимизация и предупреждение вредного воздействия сточных и дренажных вод на природную среду; создание замкнутых систем водопользования с изъятием загрязняющих веществ из гидрогеохимического круговорота; внедрение методов экологически безопасного использования минерализованных вод; создание систем платежей за водопользование и экономического стимулирования рационального использования, восстановления и охраны водных объектов; внедрение системы мониторинга воды, почв, растений и сооружений ГМС.

#### Литература

1. Методы экологически безопасного функционирования систем водопользования. Организационно-экономический механизм реализации инвестиционных мелиоративных проектов (научно-методические рекомендации). – М.: ГНУ ВНИИГиМ, 2003. – 25 с.
2. Рекомендации по повышению экологической безопасности водопользования в процессе функционирования обводнительно-оросительных систем в полупустынной и пустынной зонах Калмыкии. – Элиста: КФ ГНУ ВНИИГиМ, 2004. – 49 с.

УДК 628.862

### **ВОЗДЕЙСТВИЕ СБРОСНЫХ ВОД С ОСУШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОПРИЕМНИКОВ И ПУТИ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ**

Е.Б. Стрельбицкая, Н.В. Коломийцев  
ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Современные экологические требования к мелиоративным системам ставят на первое место вопросы охраны водных объектов, являющихся водоприемниками дренажных вод. Особенно это актуально для условий Нечерноземной зоны РФ.

Осушительные мелиорации и сельскохозяйственное использование осушаемых земель приводят к ускорению круговорота и увеличению объема мигрирующих компонентов, а также изменению их естественных соотношений, что является одной из причин антропогенного эвтрофирования природных вод. С дренажным и поверхностным стоком в водоприемники попадает большое количество органического вещества, биогенных элементов, в том числе соединений фосфора и азота, играющих основную роль в изменении трофического уровня водных объектов. Биогенные элементы включаются в сложные механизмы взаимодействия в звеньях трофической цепи биоценоза, приводя к их трансформации и вызывая быстрые и часто необратимые нарушения структуры водных сообществ, а также условий их функционирования. Совместное воздействие органических соединений, биогенных элементов и других загрязняющих

веществ, включая метаболиты водорослей и продукты анаэробного распада различных веществ, возникающие в процессе эвтрофирования, приводит к ухудшению качества вод и экологического состояния водных объектов, нарушая природное равновесие существующих водных экосистем.

Изучение процесса антропогенного эвтрофирования реки Яхромы (Дмитровский район Московской области) на участке от начала ее поймы до створа ниже сбросов с осушительной системы выявило изменение ряда показателей гидрохимического и гидробиологического режимов. Поступление вод осушительной системы отразилось на изменении содержания органического вещества в реке, которое характеризовалось увеличением значений бихроматной (ХПК) и перманганатной (ПО) окисляемости в периоды сброса вод с осушительной системы: ХПК в среднем до 25-35 мгО/л, ПО до 10-18 мгО/л. Превышения допустимого содержания для мезотрофного уровня [1, 2, 3] по этим показателям составили > 4-4,5 раз. Для конца летнего периода и осени повышение значений ХПК и ПО до значений, превышающие мезотрофный уровень > 3-4 раз, связано с недостаточно интенсивным протеканием деструкционных процессов в экосистеме, приводящим к накоплению органического вещества, хотя в ряде случаев содержание растворенного в воде кислорода снижалось до значений ниже нормативных [4], достигая 4,9-5,8 мгО<sub>2</sub>/л, что свидетельствовало об активных биохимических процессах окисления органических соединений.

Основные значения показателей содержания органического вещества в реке от начала поймы до участка ниже сбросов с осушительной системы приведены в таблице 1, из которой видно существенное их увеличение на данном отрезке реки.

Таблица 1. Содержание органического вещества (мгО/л) по значениям бихроматной (ХПК) и перманганатной (ПО) окисляемости и ионов аммония (мгN/л) в различных створах р. Яхромы

Место отбора проб воды	Число проб	ХПК			ПО			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		
		Предельные значения		Среднее значение	Предельные значения		Среднее значение	Предельные значения		Среднее значение
		max	min		max	min		max	min	
начало поймы	10	32,6	18,7	24,7 ±1,32	12,1	4,8	7,4 ±0,8	2,00	0,10	0,78 ±0,16
ниже сбросов	30	61,9	16,0	30,8 ±1,7	18,1	4,6	8,9 ±0,55	4,62	0,04	0,93 ±0,19

Поступление сбросных вод с осушаемых агроландшафтов способствует повышению концентраций ионов аммония в воде реки на участке ниже сбросов с осушительной системы (табл. 1), превышающих ПДК<sub>рыб.</sub> [4] в среднем более 2 - 11,5 раз, а допустимые значения для мезотрофного уровня [1, 2, 3] – от 4,7 до 77 раз. Помимо влияния непосредственного поступления сбросных вод, высокое содержание аммонийного азота в этом створе реки может быть объяснено процессами разложения органического вещества, однако распад органических

соединений происходит, видимо, неполно, а нитрификационные процессы протекают недостаточно активно.

Воды р. Яхромы в целом отличает высокий природный уровень содержания общего фосфора  $P_{\text{общ}}$  (на уровне высокоэвтрофного водоема). Анализ распределения по продольному профилю реки концентраций  $P_{\text{общ}}$  показал увеличение его сезонных колебаний вниз по течению реки (табл. 2). Повышение содержания общего фосфора в воде происходило в периоды ослабления процессов фотосинтеза водных организмов и усиления интенсивности биохимического окисления органических веществ различного генезиса (аллохтонного и автохтонного), превышая допустимое содержание для мезотрофного уровня (0,06-0,15 мгР/л) в 8 - 14,5 раз на участке реки ниже сбросов с осушительной системы. Наряду с этим, немаловажную роль в динамике содержания  $P_{\text{общ}}$  в воде реки оказывает обмен с донными отложениями. Увеличение поступления фосфатов из донных отложений в результате разрушения комплексных соединений с железом и кальцием при восстановительных условиях на границе «вода-дно» способствовали увеличению концентраций фосфора в воде, превышающих допустимое содержание в 6,5 - 8 раз. Причем для водоемов с высокими концентрациями  $P_{\text{общ}}$  характерно ослабление деструкционных процессов, ведущее к накоплению в системе органического вещества, что и происходит в реке.

Таблица 2. Содержание общего фосфора (мгР/л) в р. Яхроме

Место отбора проб воды	Число проб	Предельные значения		Среднее значение
		max	min	
начало поймы	9	0,68	0,16	$0,39 \pm 0,052$
ниже сбросов с осушительной системы	28	0,88	0,08	$0,36 \pm 0,031$

Таким образом, результаты гидрохимических исследований системы «осушительная сеть – река» выявили, что избыточное поступление со сбросными водами органического вещества и аммонийных форм азота способствует увеличению их концентраций в реке. Неполная минерализация органических соединений, ухудшение кислородного режима, высокий уровень содержания фосфора, а также поступление биогенных и органических веществ в воду из донных отложений приводят к нарушению условий среды обитания водных организмов и ухудшению экологического состояния экосистемы участка реки ниже сбросов с осушительной системы.

Наиболее наглядным свидетельством этому явилась радикальная пространственная перестройка по продольному профилю реки видового состава фитопланктонного сообщества (рис.1), изменение значимости отдельных видов в составе систематических групп по численности и в общей биомассе фитопланктона. Результаты исследований показали выход на доминантные позиции синезеленых водорослей (*Cyanophyta*): их долевое участие в общей биомассе (В) фитопланктона увеличилось с 1,4% ( $B = 0,04$  мг/л) в начале поймы до 23,3% ( $B = 0,55$  мг/л) на участке реки ниже сбросов с осушительной системы. Наряду

с этим по продольному профилю реки произошло снижение долевого представительства диатомовых водорослей (*Bacillariophyta*), с 91,5% ( $B = 2,5$  мг/л) до 60,7% ( $B = 1,42$  мг/л) от общей биомассы фитопланктона. На этом отрезке реки во всех систематических отделах фитопланктона наибольшего развития получили виды, представляющие собой типичный состав массовых форм естественно-эвтрофных водоемов, что явилось следствием их конкурентоспособности при перестройке планктонного сообщества в соответствии с изменением трофических условий, свидетельствующие об интенсивности протекания процессов антропогенного эвтрофирования под влиянием усиления биогенной нагрузки.

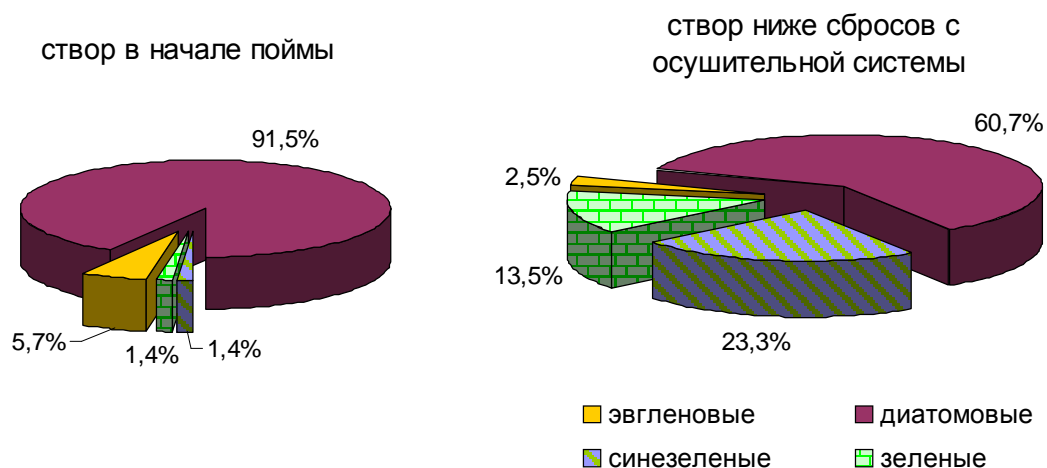


Рис. 1. Изменение соотношения основных отделов фитопланктонного сообщества по продольному профилю р. Яхромы (по биомассе)

Ликвидация нежелательных последствий нарушенного биогенного баланса водных объектов, решение проблем восстановления качества и экологического состояния природных вод в результате управления процессом антропогенного эвтрофирования могут быть обеспечены только на основе изучения закономерностей поступления биогенных веществ в воду.

Для решения задачи воздействия на процесс эвтрофирования существует два направления: 1) регулирование и ограничение поступления в водные объекты веществ, обуславливающих развитие процесса (снижение внешней нагрузки); 2) регулирование нарушений водной экосистемы через ее структурные и функциональные связи (снижение внутренней нагрузки).

Среди всего комплекса возможных путей на исследуемой системе наиболее доступными являются организационно-хозяйственные и агротехнические мероприятия. Правильное выполнение требований агротехники, качественное и своевременное проведение всех видов сельскохозяйственных работ на осушаемых землях поймы р. Яхромы, эффективное использование удобрений, направленные на сохранение и повышение плодородия почв, наряду с этим способствуют уменьшению выноса элементов почвенного плодородия дренажными водами и загрязнения ими речных вод. Поэтому современные прогрессивные агротехнические приемы, предусматривающие рациональную структуру посе-

ных площадей, прогрессивные приемы обработки почв и посева сельскохозяйственных культур, рациональную систему применяемых удобрений можно рассматривать как одно из направлений системы мероприятий по снижению биогенной обеспеченности вод.

Кроме того, применение современной технологии регулирования уровня грунтовых вод на мелиорируемой территории с учетом видов сельскохозяйственных культур и обеспеченности осадками, не допущение резкого колебания УГВ будут способствовать уменьшению интенсивности выноса органических и биогенных веществ в дренажные воды и р. Яхрому.

При реконструкции осушительно-увлажнительной системы целесообразно создание специальных сооружений и устройств для очистки дренажных вод с целью снижения в них концентраций биогенных веществ (в первую очередь аммонийных форм азота) и органических соединений. Среди возможных вариантов рекомендуется использование фильтрующих устройств из сорбентов на сбросе воды с осушительной системы, либо применение в качестве коагулянта раствора сульфата алюминия с удалением осадка после отстаивания. Устройство противопланктонных защитных сооружений на выпуске сбросных вод будет также способствовать уменьшению обогащения речных вод биогенными элементами в результате их регенерации при разложении массы фитопланктонных водорослей.

Таким образом, среди причин интенсивного антропогенного эвтрофирования водных объектов существенное значение имеют поступления в природные воды биогенных и органических веществ с осушаемых агроландшафтов. Одними из основных мероприятий по снижению уровня антропогенного воздействия на водные объекты должны быть мероприятия, направленные на снижение поступлений биогенных элементов и органических соединений в природные воды.

#### Литература

1. Единые критерии качества вод // Совещание руководителей водоохранных органов стран-членов СЭВ. – М.: СЭВ, 1982. – 69 с.
2. Жукинский В.Н., Окснюк О.П., Олейник Г.Н., Кошелева С.И. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал, 1981. №2. Т.17. – С.38-49.
3. Экологические проблемы Верхней Волги: Коллективная монография. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2001. – 427 с.
4. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: Изд-во ВНИРО, 1999. – 304 с.

УДК: 002.637:627.15

## **ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДРЕНАЖНОГО СТОКА С МЕЛИОРИРУЕМЫХ ПОЙМ**

В.М. Яшин

ГНУ ВНИИГиМ им. Костякова, г. Москва, Россия

Высокий уровень естественного и актуального плодородия пойменных почв обусловил широкое интенсивное сельскохозяйственное использование

пойм преимущественно для производства овощной продукции. Так, для обеспечения овощами Московского мегаполиса производство их осуществляется преимущественно на пойменных массивах р.р. Оки, Москвы и Яхромы. На аллювиальных пойменных землях, занимающих 4,5% территории Московской области, в 80<sup>е</sup> годы прошлого столетия производилось до 80% общего количества овощей [1]. Создание на поймах мелиорируемых агроландшафтов коренным образом изменило условия почвообразования и развитие процессов влагооборота.

Воздействие антропогенных и природных источников привело к загрязнению пойменных почв тяжелыми металлами. Различная степень загрязненности почв установлена исследованиями на пойме Оки в районе г. Пущино [1] и в районе г. Рязани [2], на поймах рек лесостепи Русской равнины (Сейма, Воронежца, Дона и др.) [3]. Отмечается, что наибольшие концентрации тяжелых металлов приурочены к гумусовым и глинистым горизонтам. Наличие их в подвижных формах [1-3] увеличивает опасность загрязнения дренажного стока.

Исследования процессов формирования качества дренажного стока с мелиорируемых пойменных земель проводятся на двух объектах, расположенных в бассейнах Яхромы и Средней Оки. В гидрологическом отношении исследуемые объекты имеют существенное отличие, заключающееся в том, что паводки на пойме Оки проходят в режиме «естественных условий», а мелиорированная пойма Яхромы функционирует в режиме польдера (русло р. Новая Яхрома обваловано дамбами).

Пойма р. Яхромы имеет преимущественно равнинный рельеф с многочисленными понижениями различной конфигурации, чередование которых с более возвышенными формами создает бугристо-западинный микрорельеф территории. На площади около 40 % распространены торфяные почвы, а на остальной части территории – минеральные, в различной степени оторфованные [4]. Площадь поймы составляет около 12000 га. Вся территория, осушаемая закрытым горизонтальным дренажем с глубиной 0,8–1,2 м и расстоянием между дренами 20–40 м [4,5], используется для производства овощей и картофеля, посадки кормовых культур и многолетних трав. В настоящее время часть осушительных систем проходит стадию реконструкции с укладкой дренажа с междреньями 14, 18 и 20 м.

В результате длительной эксплуатации Яхромской поймы для сельскохозяйственного производства, на мелиорированных землях сформировался мелиоративный режим, характеризующийся внесением высоких доз минеральных удобрений и применением агрохимикатов для борьбы с вредителями и сорняками, на фоне орошения и дренажа.

В бассейне Оки исследования проводятся на пойме в районе г. Рязани [2]. Современные формы рельефа сформировались в результате аккумуляции и деятельности ледников четвертичного периода и последующих процессов денудации. Ока имеет хорошо развитую долину с широкой поймой, достигающей в поперечнике 15 - 20 км. В прирусловой части поймы распространены легкосуглинистые почвы, в центральной – луговые средне- и тяжелосуглинистые, а в

притеррасной – тяжелые лугово-болотные почвы. Грунтовые воды приурочены к современным аллювиальным отложениям, представленным песками, чередующимися с прослоями и линзами глин, суглинков и супесей.

Пойменные земли в пределах исследованного створа используются преимущественно как пахотные для производства овощных и кормовых культур и частично под сенокосы и пастбища.

В процессе исследований в водных объектах измерялись электропроводность, характеризующую содержание солей, температура, рН, окислительно-восстановительный потенциал и содержание растворенного кислорода. В лаборатории анализировались концентрации биогенных веществ, сульфатов, хлоридов, тяжелых металлов, растворенного органического углерода и хлорорганических соединений (по АОХ) [2].

Общую направленность процессов формирования коллекторно-дренажного стока и его влияния на воды р. Яхромы оценивали по распределению в различных компонентах гидросферы электропроводности, величины рН, температуры и содержания растворенного кислорода. Эти показатели во многом определяют функционирование экосистем и развитие агроценозов. Измерения проведены в различные сезоны года, результаты для весеннего паводка и летнего периода приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Общие показатели качества воды на Яхромской пойме в паводковый период (31 марта 2004г., температура воздуха - +1+3<sup>0</sup>С)

№ п/п	Компоненты гидросферы	Электропроводность, мкСм/см	рН	Температура, град.
1	Снег	2 - 6	7,6 – 7,8	-
2	Паводковые воды:			
2.1	- талая вода в понижениях рельефа;	130 - 400	-	2,2-2,6
2.2	- сток из лесного массива (прав. борт);	145	7,0	3,0
2.3	- паводковая вода на пахотных землях	352 - 408	7,0	3,5-3,7
3	Сток р. Яхромы в начале пойменного массива	272	7,1	2,4
4	Сток с правого борта долины по открытым каналам	290-363	7,0	0,9-2,0
5	Речной сток с левого борта долины	207 - 263	7,3	2,7-3,0
6	Сток р. Кухолки	402	6,9	1,7
7	Сток по р. Старая Яхрома	381-808	6,9-7,1	2,2-3,4
8	Канал им. Москвы	331	7,3	2,8
9	Подземные воды (самоизлив)	650	7,0	6,3
10	Коллекторно-дренажные воды	900 - 1650	6,0 – 6,4	0,3-4,2
11	Сток р. Н. Яхрома на выходе с мелиорируемого массива	432	6,9	2,5

В паводковый период основная часть пойменного массива не затоплена и функционирует в режиме польдера, когда уровни воды в Н. Яхроме устанавливаются выше поверхности земли. Дренаж и коллекторы находятся в подпертом

состоянии. Затопление поймы за счет притока талых вод с водораздельных территорий наблюдается только в нижней части мелиорируемого массива. Гидрохимическая обстановка формируется под влиянием паводкового процесса. Снеготалые воды на поверхности поймы и талые вод с бортов долины характеризуются небольшими значениями электропроводности – 130- 290 (табл. 1, п.п. 1, 2.12.2 и 5), при длительном контакте их с поверхностью сельскохозяйственных угодий происходит обогащение их солями и электропроводность увеличивается до 350-400 мкСм/см (табл. 1, п. 2.3).

Таблица 2. Общие показатели качества воды на массиве Яхромской поймы в летний период (25 июня 2002г., температура воздуха - +16+18<sup>0</sup>С)

№ п/п	Водные объекты	Электропроводность, мкСм/см	рН	Температура, град.	Растворенный кислород, мг/л
1	Р. Яхрома выше г. Яхрома	588	8,1	15,0	8,3
2	Р.Яхрома в начале массива	728	7,7	17,0	7,8
3	Канал им. Москвы	222	7,7	20,8	8,7
4	Р. Кухолка	498	7,5	16,6	5,9
5	Сток с правого борта долины по открытым каналам	358	7,5	18,2	2,1
6	Канавы Ильинская	467	7,5	16,2	4,9
7.1	Канал Лев. Нагорный: - начало - устье	828	7,7	13,6	6,3
7.2		684	8,1	14,9	8,9
8	Подземные воды (самоизлив)	682	7,3	6,4	0,8
9	Открытые коллекторы	860-990	6,6-7,7	14-18	1,8-3,8
10	Закрытые коллекторы <sup>*)</sup>	910-1268	6,1-6,4	6-9	-
11	Р. Н. Яхрома (центр. часть массива)	672	7,7	18,2	7,4
12	Р. Н. Яхрома (выход с мелиорируемого массива)	666	7,8	17,6	7,6

Примечание <sup>\*)</sup> – данные за 10.06.2003г.

Коллекторно-дренажные воды характеризуются слабокислой реакцией и максимальными (до 1650 мкСм/см) значениями электропроводности (табл. 1, п. 10). Формирование повышенного содержания солей в дренажном стоке обусловлено длительным сельскохозяйственным использованием пойменных земель с внесением высоких доз минеральных удобрений. В речной воде в процессе пересечения Н. Яхромой мелиорируемого массива наблюдается увеличение содержания солей за счет притока воды повышенной минерализации по коллекторам и паводковых вод по р. Кухолке.

В летние периоды электропроводность коллекторно-дренажных вод также отличается повышенными значениями, а рН и содержание растворенного кислорода – минимальными (табл. 2, п. п. 9,10). В то же время максимальные значения рН и содержания растворенного кислорода характерны для воды Яхромы в месте выхода ее на пойму, воды в канале им. Москвы и в сточных вод в устье Лев. Нагорного канала (табл.2, п.п. 1, 3, 7,2). В последнем случае высокие



показатели качества воды в канале обеспечиваются притоком речных вод с левого борта долины. В коллекторно-дренажной воде уровень содержания растворенного кислорода не достигает нормативного (6.0 мг/л) значения.

Содержание биогенных загрязнителей (табл. 3) превышает допустимые уровни в 10 и более раз и в дренажной воде и в р.Н.Яхроме.

Таблица 3. Содержание биогенных соединений в дренажной и речной воде на Яхромской пойме (2001-2002г.г.)

Водный объект	Концентрация, мг/л			
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
Коллекторно-дренажный сток (КЯ-26)	32-91	0,07-0,5	3-19	0,15-0,3
Речная вода (Н.Яхроме, центр массива)	17-91	0,38-0,5	0,1-10,2	0,15-0,2
Речная вода (Н.Яхроме, выход с массива)	13-48	0,07-0,12	0,13-1,3	0,15-0,5
ПДК	40	0,08	0,5	0,05

Установлены высокие уровни содержания растворенного органического углерода в коллекторно-дренажных водах поймы Яхромы по сравнению с поймой р.Оки (рисунок) и реками Московского региона [6]. Высокие концентрации органики в дренажном стоке и в р. Солотче обусловлены наличием торфяников в дренируемом массиве. Повышенное содержание биогенных и органических веществ интенсифицирует процессы эвтрофирования вод осушительной системы и водоприемников. Оценка этих факторов для Яхромской поймы рассмотрена в работе Е.Б. Стрельбицкой [7].

Хлорорганическими соединениями в большей степени загрязнены дренажные воды на пойме Оки (рис. 1), что связано с паводковым поступлением на пойму загрязненных речных и паводковых вод. На пойме Яхромы затопления не происходит, а хлорорганические соединения попадают в грунтовые воды вероятно за счет применения агрохимикатов.

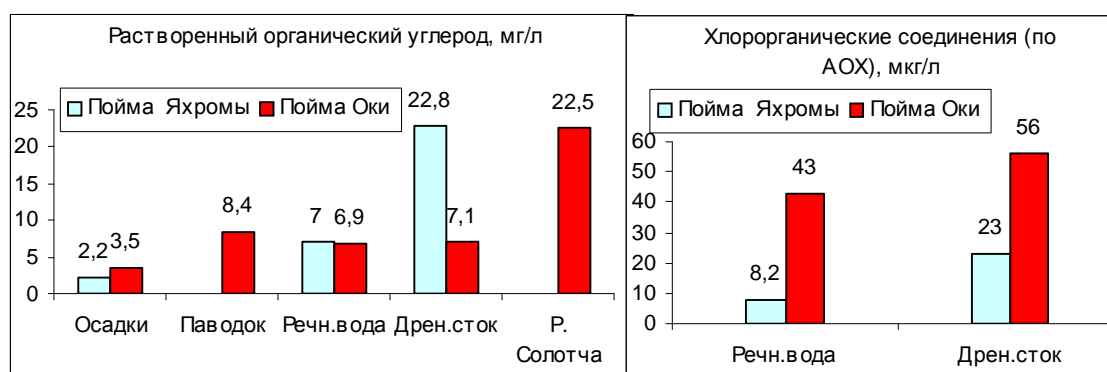


Рис. 1. Диаграммы содержания растворенного органического углерода и хлорорганических соединений в различных компонентах гидросферы

Загрязнение тяжелыми металлами трансупераквальных, аквальных и субаквальных ландшафтов [1-3, 6] оказывает влияние на формирование загрязненности коллекторно-дренажных вод. В этом случае источниками поступления

тяжелых металлов в дренажный сток могут быть атмосферные выпадения, паводковый и склоновый сток, агротехнологии, а также миграция тяжелых металлов из зоны аэрации. Анализы проб дренажного стока показали наличие тяжелых металлов в концентрациях, превышающих содержание их в речных водах. Интервалы полученных значений концентраций (из 3-5 анализов) приведены в таблице 4. За исключением кобальта все концентрации превышают ПДК. Наибольшими превышениями (10 и 16 раз) характеризуются цинк и свинец в дренажных водах поймы р. Яхромы. Следует отметить, что уровни загрязненности дренажного стока по отдельным металлам на исследованных объектах практически одинакова. По суммарному индексу загрязненности тяжелыми металлами дренажные воды оцениваются как грязные или сильно загрязненные.

Таблица 4 – Содержание тяжелых металлов в коллекторно-дренажном стоке с пойменных земель

Объект	Содержание, мкг/дм <sup>3</sup>					
	Cu	Zn	Ni	Co	Pb	Cd
Пойма р.Яхромы	3-5	5-100	15-58	1-2	5-99	6-9
Пойма Р.Оки	3-6	5-38	23-67	5-7	15-77	17-29
ПДК	1	10	10	10	6	5

Выполненные исследования загрязненности коллекторно-дренажных вод с мелиорируемых пойменных земель позволяют отметить следующее:

- дренажные воды на мелиорируемом массиве Яхромской поймы характеризуются повышенной минерализацией, слабокислой реакцией, низким содержанием растворенного кислорода и загрязненностью биогенными и органическими веществами. Высокое содержание биогенных и органических веществ интенсифицирует процессы антропогенной эвтрофикации вод осушительной системы с водоприемника;

- отмечается загрязнение дренажных вод хлорорганическими соединениями;

- по содержанию тяжелых металлов коллекторно-дренажные воды оцениваются как грязные или сильно загрязненные. Поступление тяжелых металлов происходит за счет природных (осадки, паводки) и антропогенных (агротехнологии) источников.

#### Литература

1. Дмитраков Л.М., Соколов О.А. Изменение пойменных почв при усилении антропогенной нагрузки // Почвоведение. 1997, № 8, с.988-993
2. Яшин В.М., Пыленок П.И. Загрязнение пойменных агроландшафтов в среднем течении Оки // Мелиорация и окружающая среда. Т.1. – М.ВНИИА 2004. с.286-296
3. Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б., Яблонских Л.А. Тяжелые металлы и радионуклиды в гидроморфных почвах лесостепи русской равнины и их профильное распределение // Почвоведение. 1999, №4, с435-444

4. Шишов К.Н., Панов Е.П. Изменение агрохимических свойств торфяных почв под влиянием осушения и длительного сельскохозяйственного использования // Тр. ВНИИГиМ, том 51, 1972. с. 91-95
5. Мусекаев Д.А. Некоторые итоги работ центральной торфо-болотной опытной станции по использованию торфа и торфяных земель на примере Яхромской поймы // Сб. материалов совещания «Ландшафтный подход в мелиорации и вопросы землеустройства» (2-3 июля 1993 г., г. Тверь) М., 1994, с. 171-177
6. Новосельцев В.Н. и др. Техногенное загрязнение речных экосистем. М., 2002, 140 с.
7. Стрельбицкая Е.Б. Информативность биологических методов при оценке экологического состояния водоприемников осушительных систем. // Мелиорация и окружающая среда. Т.1. – М.ВНИИА 2004. с.278-286

## ***ТЕХНИКА И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ***

УДК. 658.003.13

### **ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ ПЛАНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАШИН В МЕЛИОРАТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Ф.К. Абдразаков, А.В. Волков  
ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ, Саратов, Россия

В настоящее время стабильное развитие предприятий мелиоративного комплекса возможно только на основе ресурсосберегающего производства, базирующегося на применении эффективной техники и оптимальном планировании производства. Одной из главных задач при эксплуатации парка машин является расчет оптимальных планов распределения техники по производственным объектам. Распределение техники должно осуществляться в соответствии с конкретными производственными условиями, поскольку эксплуатация технических средств на том или ином объекте без учета его специфики может привести к снижению качества, увеличению продолжительности работ и повышению себестоимости продукции. Учитывая это, на основе научных работ [1, 2, 3], нами разработана экономико-математическая модель и методика расчета оптимальных планов распределения техники на предприятиях мелиоративного комплекса с применением ЭВМ.

Критерием оптимальности в разработанной математической модели является – минимум энергозатрат:

$$\mathcal{E}_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \mathcal{E}_{\text{уд}ij} X_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{сум}}$  – суммарные энергозатраты на производство работ, кВт·год/ед.изм. (ед.изм. – единица измерения в которой измеряется объем работ);  $\mathcal{E}_{\text{уд}ij}$  – удельная энергоемкость работы  $i$ -ой машины на  $j$ -м производственном объекте, кВт·ч/ед.изм.;  $X_{ij}$  – продолжительность работы  $i$ -й машины на  $j$ -м объекте, ч;  $m$  – количество машин;  $n$  – количество производственных объектов.

$$\Theta_{удij} = \frac{N_{двi}}{P_{эij}}; \quad (2)$$

где  $N_{двi}$  – мощность двигателя  $i$ -ой машины, кВт;  $P_{эij}$  – часовая эксплуатационная производительность  $i$ -й машины на  $j$ -м объекте, ед.изм./ч.

Следует отметить, что эксплуатационная производительность машины одной марки на различных объектах будет различной, поскольку условия работы на разных объектах неодинаковы. Эксплуатационную производительность для каждого объекта можно определить при помощи коэффициента местных условий, который характеризует специфические условия на производственных объектах:

$$P_{эij} = P_{ти} \cdot K_{услj}; \quad (3)$$

где  $P_{ти}$  – техническая производительность  $i$ -й машины, ед.изм./ч;  $K_{услj}$  – коэффициент, учитывающий местные условия на  $j$ -м объекте (коэффициент местных условий может принимать значения от 0 до 1).

Среди условий оптимизации распределения техники необходимо выделить следующие:

1) Полное выполнение объемов работ на объектах ресурсами имеющегося парка машин:

$$V_j = \sum_{i=1}^m P_{эij} \cdot X_{ij}; \quad (4)$$

где  $V_j$  – планируемый объем работ на  $j$ -м производственном объекте, ед.изм.

2) Своевременное выполнение объемов работ, в соответствии с имеющимся фондом рабочего времени машин:

$$\Phi_i \geq \sum_{j=1}^n X_{ij}, \quad (5)$$

где  $\Phi_i$  – фонд рабочего времени  $i$ -й машины в планируемом периоде, ч.

3) Продолжительность работы машины при расчетах не должна принимать отрицательных значений:

$$X_{ij} \geq 0. \quad (6)$$

Учитывая отмеченные ограничения, экономико-математическая модель оптимизации распределения парка машин по производственным объектам будет иметь следующий вид:

$$\Theta_{сум} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \Theta_{удij} X_{ij} \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} V_j = \sum_{i=1}^m P_{эij} X_{ij}; \\ \Phi_i \geq \sum_{j=1}^n X_{ij}; \\ X_{ij} \geq 0; \end{cases} \quad (7)$$

$$i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n.$$

В качестве примера, определим оптимальный план распределения землеройных машин по производственным объектам согласно исходным данным, приведенным в таблицах 1, 2. Производственный план должен преду-

Таблица 1. Продолжительность работы машин на объектах

№ п/п	Марка машины	Производственные объекты и объемы работ, м <sup>3</sup>										Сумма X <sub>i</sub> , маш.-ч	Фонд рабочего времени Φ <sub>i</sub> , маш.-ч	Резерв, R <sub>i</sub> = X <sub>i</sub> – Φ <sub>i</sub> , маш.-ч
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10			
		37000	16000	14000	22000	20000	40000	30000	24000	51000	90000			
1	ДЗ-11П	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1620	1620	0
2	ДЗ-13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1620	1620	0
3	ЭО-2621А	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2330	2330	0
4	ЭО-3322	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2330	2330	0
5	ЭО-4321	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2315	2315	0
6	ЭО-4121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2315	2315	0

Таблица 2. Производительность машин

№ п/п	Марка машины	Производственные объекты и объемы работ, м <sup>3</sup>										Техническая производитель- ность Π <sub>ти</sub> , м <sup>3</sup> /ч	Мощность двигателя N <sub>двиг</sub> , кВт
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10		
		37000	16000	14000	22000	20000	40000	30000	24000	51000	90000		
1	ДЗ-11П	37,6	38	37,6	36,8	34,4	36	33,2	35,2	34	34,8	40	158
2	ДЗ-13	65,8	66,5	65,8	64,4	60,2	63	58,1	61,6	59,5	60,9	70	265
3	ЭО-2621А	18,8	19	18,8	18,4	17,2	18	16,6	17,6	17	17,4	20	44
4	ЭО-3322	23,5	23,8	23,5	23	21,5	22,5	20,8	22	21,3	21,8	25	55
5	ЭО-4321	37,6	38	37,6	36,8	34,4	36	33,2	35,2	34	34,8	40	59
6	ЭО-4121	47	47,5	47	46	43	45	41,5	44	42,5	43,5	50	95
Коэффициент местных условий, K <sub>j</sub>		0,94	0,95	0,94	0,92	0,86	0,9	0,83	0,88	0,85	0,87		



считать полное выполнение объемов работ на каждом из десяти производственных объектов ( $V_1, V_2, \dots, V_{10}$ ) имеющимся парком машин, в сроки ограниченные фондом рабочего времени машин. При оптимизации распределения техники суммарные энергозатраты должны минимальными.

Расчет производим при помощи пакета прикладных программ Microsoft Excel по разработанной нами методике. Результаты расчета приведены в таблицах 3, 4. Согласно полученным расчетным данным при оптимальном распределении техники минимально возможные суммарные энергозатраты на выполнение годовой производственной программы составят 22404 кВт·год/м<sup>3</sup>, при этом сократится суммарная продолжительность работы машин, и резерв машинного времени составит 3711,5 ч.

В заключение необходимо отметить, что внедрение экономико-математической модели оптимизации распределения техники на предприятиях мелиоративного комплекса позволит повысить эффективность эксплуатации парка машин, своевременно, в полном объеме и с наименьшими энергозатратами выполнить годовую производственную программу, значительно сэкономить ресурсы и получить высокую прибыль.

#### Литература

1. Абдразаков Ф.К. Интенсификация технологий и совершенствование технических средств в мелиоративном производстве. Монография. / Саратов. гос. агр. ун-т им. Н.И. Вавилова. Саратов. 2002. 352 с.
2. Абдразаков Ф.К., Горюнов Д.Г. Оптимизация формирования парков машин и распределения техники по производственным объектам. // Строительные и дорожные машины, 2002, №3, с.12-14.
3. Абдразаков Ф.К., Горюнов Д.Г. Оптимизация распределения мелиоративной техники и повышение качества работ. // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова, 2002, №1, с. 93-94.

УДК 626.822

### **КОМПЛЕКС МАШИН И БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВДОЛЬ КАНАЛОВ**

Ф.К. Абдразаков, Р.Е. Кузнецов  
ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ, Саратов, Россия

Оросительные каналы, транспортирующие воду к местам полива сельскохозяйственных культур, зарастают древесно-кустарниковой растительностью, а это приводит к снижению их пропускной способности. Опадающая листва и ветви, скапливающиеся на дне, способствуют «цветению» воды, ухудшению её качества. Все это свидетельствует об актуальности удаления древесно-кустарниковой растительности вдоль каналов.

Однако до сих пор не в полной мере решена проблема утилизации удаляемого кустарника и мелкоколесья. На практике при проведении эксплуатационных

мероприятий удаленную древесину рассматривают, прежде всего, как препятствие для выполнения последующих операций, её запахивают или сгребают бульдозерами в кучи, а затем сжигают. При этом полная ликвидация удаляемой древесины требует выполнения множества операций: сжигание собранной в валы древесно-кустарниковой массы; перетряхивание несгоревших древесных остатков и сгребание их в отдельные кучи; повторное сжигание древесных остатков; разравнивание золы и несгоревших остатков по поверхности бульдозерами. Такой комплекс операций на практике не осуществляется, так как для этого требуются значительные материальные затраты. Вследствие чего после сжигания в валах и кучах остается много несгоревшей древесины, которая не только захламляет территорию, увеличивая площадь отчуждаемых земель, но и способствует распространению сорной растительности и развитию вредоносных насекомых, совокупность данных факторов приводит к возникновению неблагоприятной экологической обстановки на каналах. Такое нерациональное отношение к древесине, которая по своим физическим, химическим и технологическим свойствам представляет собой полноценное древесное сырье, объясняется отсутствием экономических и технологических схем рационального использования и переработки низкокачественной древесины. Именно экономические факторы сдерживают научные исследования и утилизацию удаляемой древесно-кустарниковой растительности в производственных организациях.

Основным направлением переработки низкокачественной древесины является измельчение её в щепу. Из 1 м<sup>3</sup> древесины кустарника можно получить до 0,85 м<sup>3</sup> технологической щепы. К тому же для производства щепы пригодна древесина всех пород, за исключением некоторых твёрдолиственных. Получаемая при переработке кустарника щепка может быть использована в различных отраслях экономики для производства разнообразной продукции (рис. 1).

Основываясь на исследованиях российских и американских учёных можно сделать вывод, что наиболее экономически эффективной схемой при производстве древесной щепы является переработка срезанного древостоя непосредственно в условиях объекта на передвижных рубильных машинах, так как транспортировка древесно-кустарниковой массы к стационарным рубильным машинам экономически не оправдывает себя, а пакетирование или прессование срезанного кустарника требует значительных энергозатрат.

Так же исследования показали, что производство щепы будет экономически выгодно, при условии, что оно является вторичной целью при выполнении основной задачи (например, при очистке территории от древесных остатков).

В нашем случае главной задачей является удаление кустарника и мелколеся вдоль мелиоративных каналов, а древесная щепка может стать побочным продуктом, получаемым в результате реализации данной задачи. Проанализировав существующие технологии, по проведению эксплуатационных работ на открытых мелиоративных каналах, и опираясь на всё вышеизложенное, нами была разработана безотходная технологии удаления древесно-кустарниковой растительности вдоль каналов.

Безотходная технология включает в себя шесть операций (рис. 2):



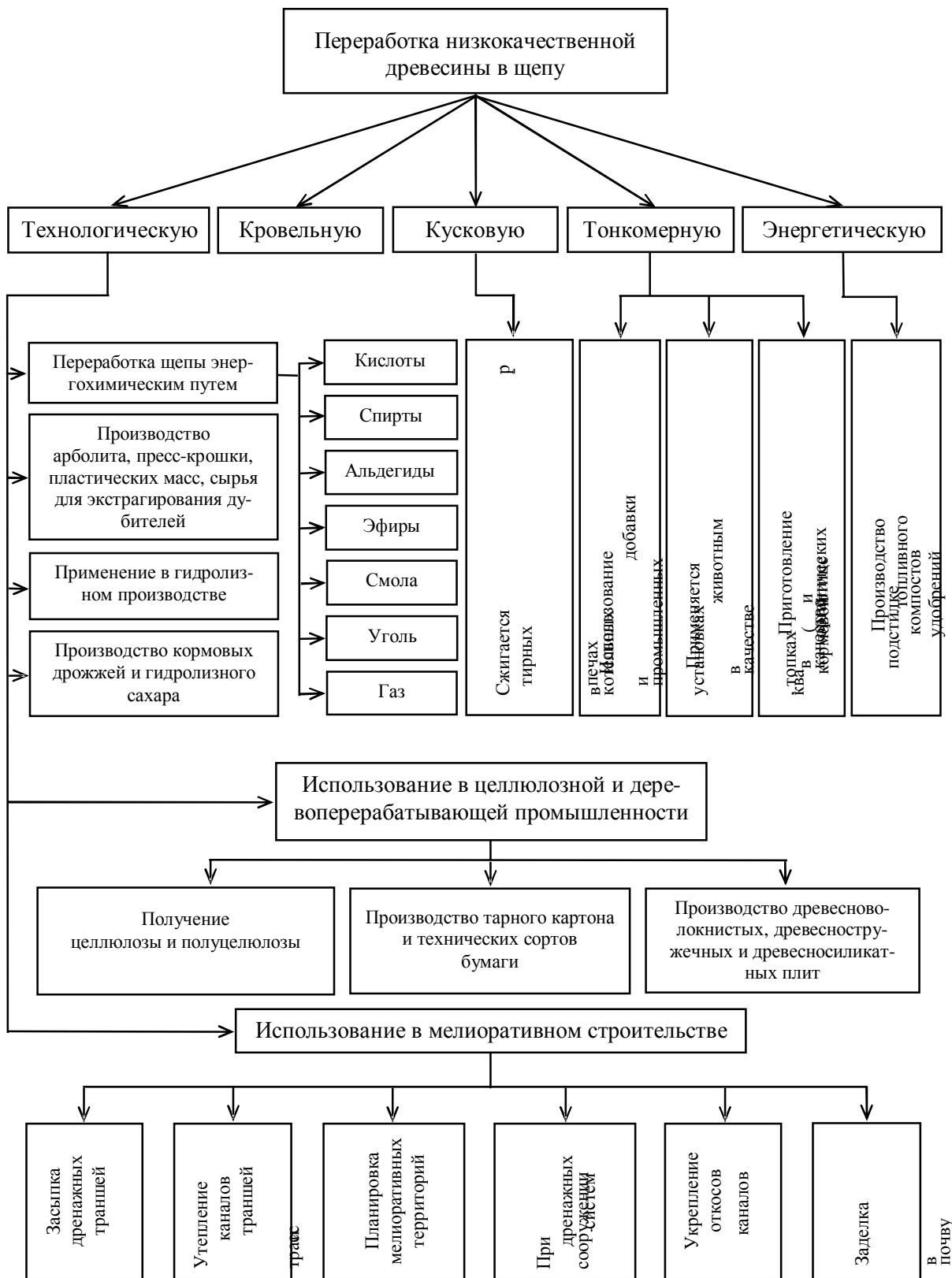


Рис. 1. Пути использования удаляемой древесно-кустарниковой растительности

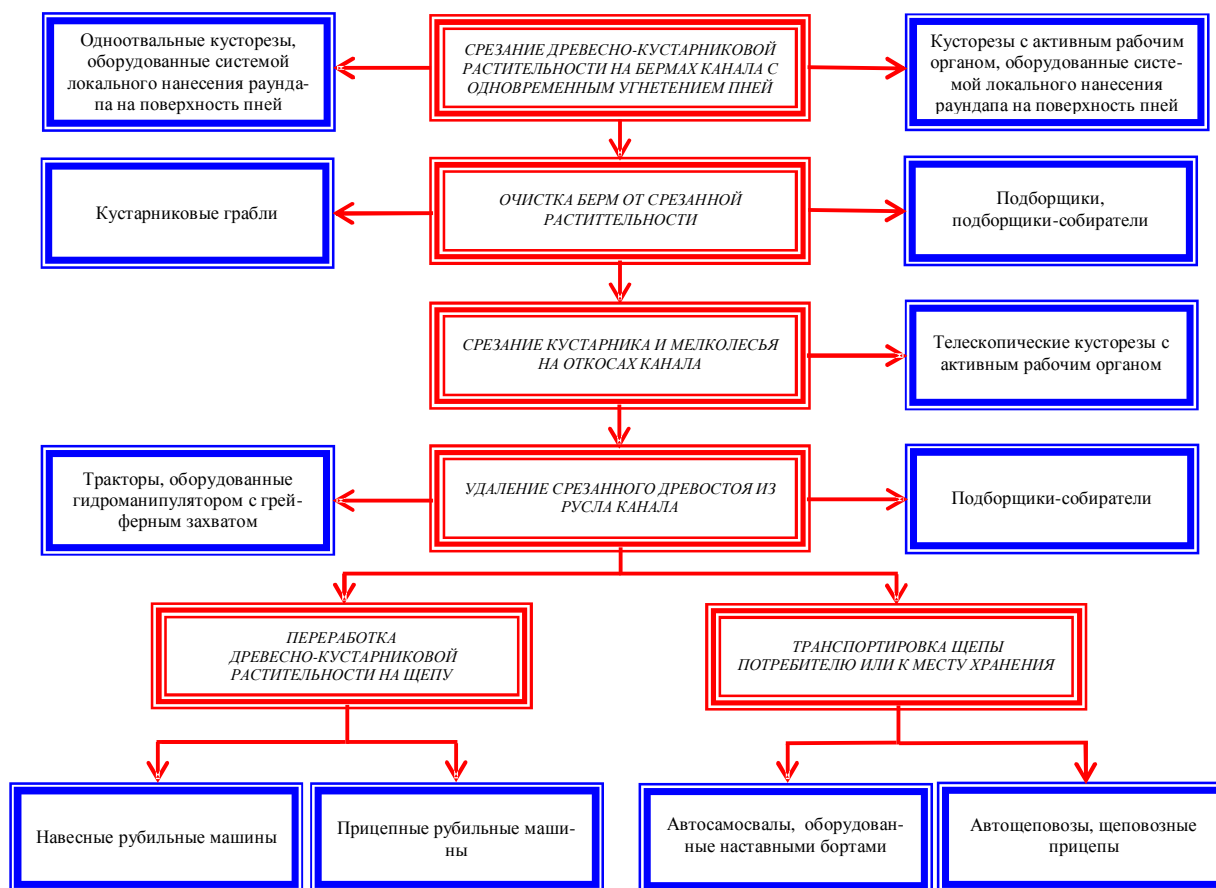


Рис. 2. Безотходная технология очистки мелиоративных каналов от древесно-кустарниковой растительности

1. Срезание древесно-кустарниковой растительности на бермах канала с одновременным угнетением пней, для предотвращения появления новой древесной поросли. Для выполнения этой операции наиболее целесообразно использовать одноотвальные кусторезы или кусторезы активного действия, оборудованные системой локального нанесения арборицидной смеси на поверхность пней, которая включается при непосредственном взаимодействии рабочего органа со стволом кустарника в процессе резания. Для угнетения пней используется раундап.

2. Очистка берм от срезанной растительности осуществляется кустарниковыми граблями, подборщиками или подборщиками-собирающими. Срезанную растительность сгребают в кучи, на участки где она не будет мешать выполнению последующих операций.

3. Срезание кустарника произрастающего на откосах канала производится телескопическими кусторезами с активным рабочим органом.

4. Срезанный кустарник, попавший в русло канала, при помощи подборщиков-собирающих собирают и перемещают в уже сформированные валы.

5. Переработка валов древесно-кустарниковой растительности на щепу.

6. Транспортировка произведённой щепы потребителю или к месту ее хранения осуществляется автощеповозами или автосамосвалами.

Необходимо учитывать, что экономическая эффективность безотходной технологии будет зависеть от следующих факторов: видового состава и запаса удаляемого древостоя; транспортных условий; наличия необходимого оборудования; потребности в производимой продукции. Поэтому производство эксплуатационных работ по безотходной технологии будет экономически целесообразным, при выполнении следующего условия:

$$S_{c.m.} \geq S_{\bar{o}.m.} - P, \quad (1)$$

где  $S_{c.m.}$  - размер затрат необходимых для проведения эксплуатационных работ по удалению древесно-кустарниковой растительности вдоль каналов по существующей технологии, руб.;  $S_{\bar{o}.m.}$  - размер затрат для проведения эксплуатационных работ по безотходной технологии, руб.;  $P$  - прибыль от рационального использования удаляемой древесины, руб.

Размер затрат для проведения эксплуатационных работ по безотходной технологии, составит, руб.:

$$S_{\bar{o}.m.} = \sum S_i, \quad (2)$$

где  $S_i$  - затраты на выполнение  $i$ -той операции, руб.:

$$S_i = \sum X_{ij} t_i c_{ij}, \quad (3)$$

где  $X_{ij}$  - количество машин  $j$ -го типа занятых на выполнении  $i$ -той операции;  $t_i$  - время необходимое на выполнение  $i$ -ой операции техпроцесса, ч;  $c_{ij}$  - стоимость машино-часа машины  $j$ -го типа при выполнении  $i$ -той операции, руб./маш.-ч.

Время необходимое на выполнение  $i$ -ой операции техпроцесса можно определить по формуле:

$$t_i = \frac{Q_i}{\sum X_{ij} P_{\bar{\Delta}ij}}, \quad (4)$$

где  $Q_i$  - выполняемый объём работ на  $i$ -той операции;  $P_{\bar{\Delta}ij}$  - эксплуатационная производительность машин  $j$ -го типа при работе на  $i$ -той операции.

Количество машин  $j$ -го типа занятых на выполнении  $i$ -той операции составит:

$$X_{ij} = \frac{Q_{ij}}{P_{\bar{\Delta}ij}}, \quad (5)$$

где  $Q_{ij}$  - объём работ выполняемый машинами  $j$ -го типа при работе на  $i$ -той операции;

При этом прибыль от рационального использования древесины составит, руб.:

$$P = (Ц - C) \cdot V_n, \quad (6)$$

где  $Ц$  - цена 1 м<sup>3</sup> произведенной продукции, руб./м<sup>3</sup>;  $V_n$  - объём произведенной продукции, м<sup>3</sup>;  $C$  - себестоимость 1 м<sup>3</sup> произведённой продукции, руб./м<sup>3</sup>:

Основываясь на всем вышеизложенном, нами был составлен технологический комплекс машин (рис. 3), обеспечивающий выполнение всех операций

безотходного технологического процесса по очистке каналов от древесно-кустарниковой растительности.

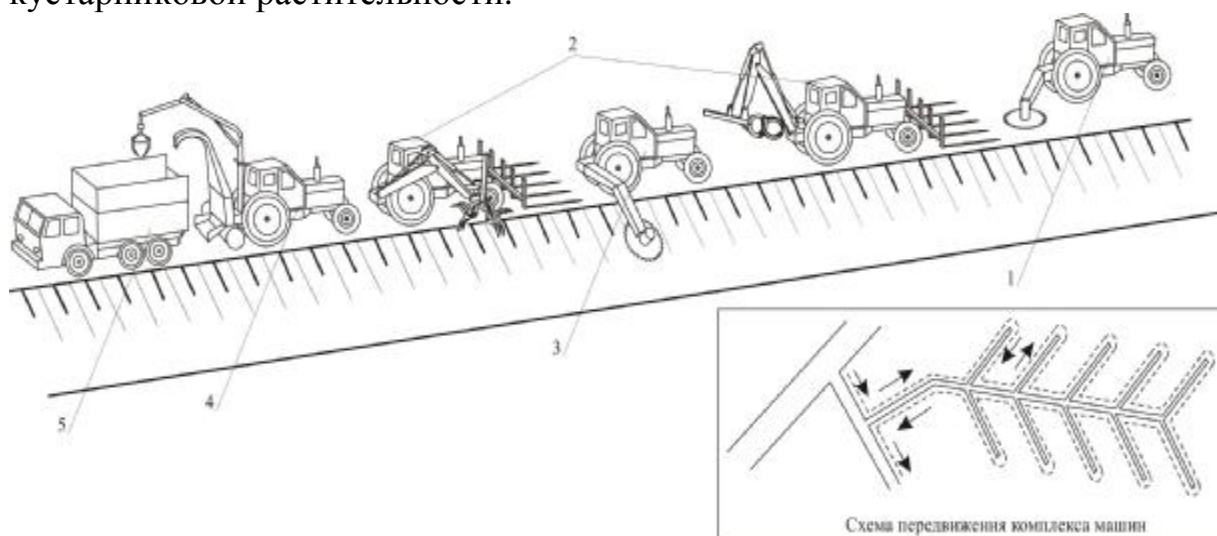


Рис. 3. Технологический комплекс машин для очистки открытых мелиоративных каналов от древесно-кустарниковой растительности по безотходной технологии:

- 1 – кусторез МК-2М; 2 – подборщик-собираатель ПС-2; 3 – кусторез КН-2; 4 – навесная рубильная машина; 5 – автосамосвал с наставными бортами

В заключении необходимо отметить, что внедрение безотходной технологии не только будет способствовать снижению затрат на техническую эксплуатацию оросительных систем, но и позволит сохранить благоприятную экологическую обстановку на каналах и обеспечит более рациональное использование природных ресурсов.

#### Литература

1. Абдразаков Ф.К. Интенсификация технологий и совершенствование технических средств в мелиоративном производстве. / Саратов. гос. агр. ун-т им. Н.И.Вавилова. Саратов, 2002.-352 с.
2. Емельянова И.М., Прокопович Н.А. Раундап – эффективное средство для уничтожения растительности на мелиоративных объектах. // Мелиорация и водное хозяйство, 1999, № 3, с. 45...47.
3. Дмитриев В.П. Машины и оборудование для производства щепы при мелиорации земель: Обзорная информация. Серия «Мелиоративные, торфяные, лесные машины и оборудование». – М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1988, вып. 1. – 44 с.

УДК 626.143

## ТЕХНОЛОГИЯ УДАЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ ИЗ КАНАЛОВ

Л.А. Алексеева, А.Г. Кондратьев, М.М. Магомедов  
ФГОУ ВПО НГМА, Новочеркасск, Россия

Оросительные системы характеризуются значительным количеством гидротехнических сооружений и насосных станций, необходимых для распределе-

ния и подачи воды на поля в требуемых количествах в установленные сроки. Плывающие в потоке воды растительные остатки забивают водопроводящие отверстия указанных сооружений, нарушая их гидравлические характеристики, что искажает плановый график водопользования и влечет за собой снижение экономической эффективности работы.

Для предотвращения подобных явлений и сохранения качества воды целесообразно удалять растительные остатки и прочий мусор в местах их появления, то есть у дорог, населенных пунктов, а также по всей длине сороопасных участков. Такая технология, основанная на рассредоточенном фронте работ, наиболее целесообразна экологически, но, в то же время, экономически не эффективна. По указанной причине рассредоточенную технологическую схему работ лишь частично применяют после окашивания каналов. И только на водоемах, например, рыбоводных прудах, технология, рассредоточенных работ занимает главенствующее положение, так как достаточные размеры водного зеркала обеспечивают возможные маневры плавсредств, скашивающих и перемещающих растительность к дамбам. Удаление растительной массы из водоема производят одноковшовым экскаватором.

На оросительных системах совсем другие условия, чем на водоемах, так как гидротехнические сооружения затрудняют перемещение плавсредств с одного участка на другой, что ограничивает рассредоточенную уборку растительных остатков только навесными машинами, которые не способны качественно очищать все сечение потока воды.

В практике эксплуатации оросительных систем широкое распространение получила технология сосредоточенных сороочистительных работ.

На основании вышеизложенного можно назвать первую особенность эксплуатационных технологий – рассредоточенность объектов по различным точкам оросительных систем.

Вторая особенность – автономность обеспечения техпроцесса в степи, без надлежащего технического обслуживания, часто без линий электропередач, так как сооружение, эксплуатация и охрана которых в нынешних экономических условиях затруднены.

Третья особенность, вытекающая из второй – широкий диапазон изменения пропускной способности воды и потока растительных остатков без дополнительных обязательных регулировочных работ.

Анализируя вышеотмеченные условия реализации сороочистительных технологий на оросительных системах и водоемах, можно сформулировать следующие технические и эколого-экономические требования к технологиям и сороочистителям:

1. Минимизировать период пребывания в воде растительных остатков и прочего мусора с момента засорения потока до его очистки.
2. Полностью очищать воду от растительных остатков и прочего мусора независимо от его состава и размеров.
3. Создавать возможность дальнейшей утилизации растительных остатков и мусора.
4. Не зависеть от погодных условий.

5. Иметь минимальные показатели энергоемкости и трудоемкости рабочего процесса при полном отсутствии тяжелого физического труда.

6. Обеспечивать осуществление технологического процесса в автономном режиме, создавая предпосылки к полной автоматизации оросительных систем орошаемого землепользования.

7. Не требовать значительных капитальных вложений для оборудования ГТС сороочистителями.

8. Обеспечивать возможность унификации сороочистителей по ближайшим типоразмерам ГТС.

9. Сороочистители должны быть простыми, надежными и неприхотливыми в эксплуатации, не содержать дефицитных узлов и не требовать применения сложного оборудования для технического обслуживания и ремонта, то есть малую стоимость изготовления и эксплуатации.

10. Реализация сороочистительных технологий не должна сопровождаться дополнительным засорением окружающей среды рабочими продуктами используемых механизмов.

Классификация сороочистительных технологий представлена на рис. 1.

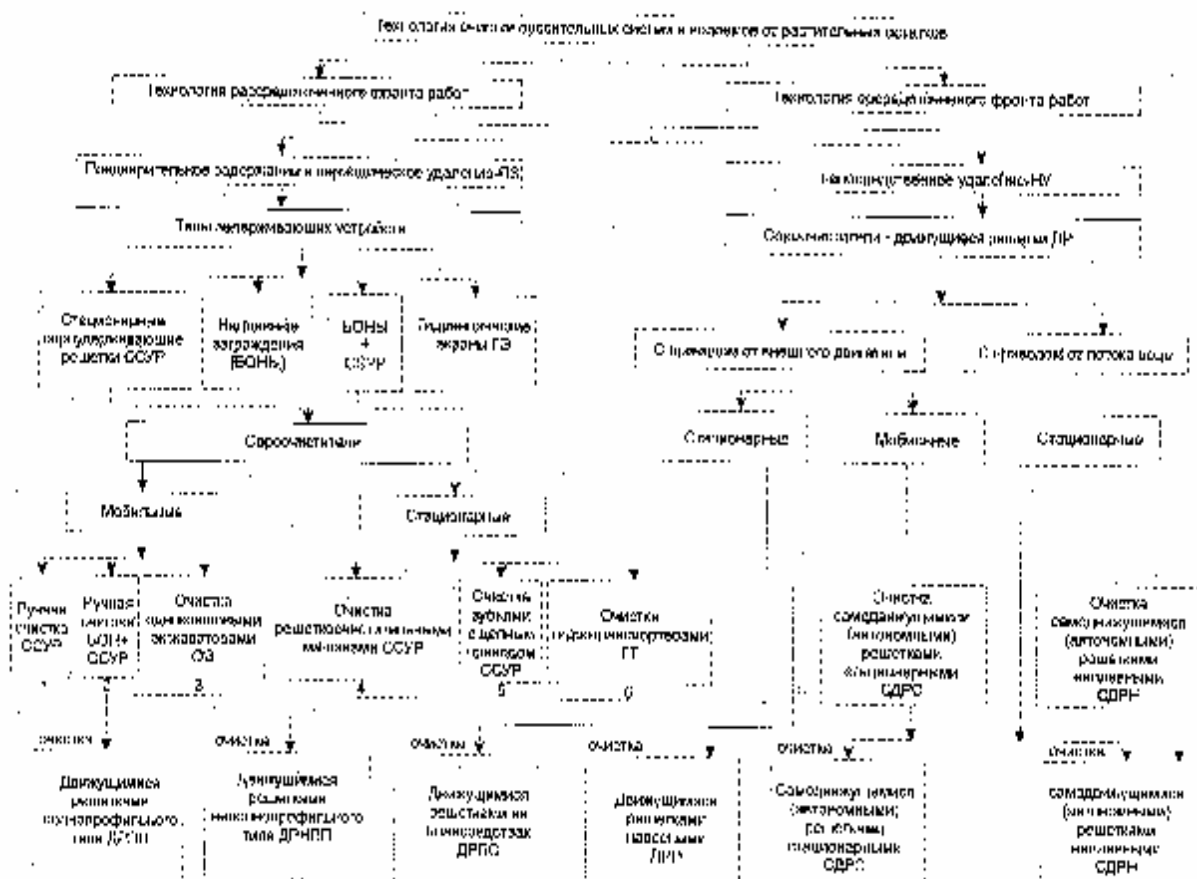


Рис.1 Структура технологий очистки оросительных систем от растительных остатков

Все технологии очистки оросительных систем и водоемов от растительных остатков по ширине фронта работ разделяются на две группы: с рас-

средоточенным фронтом работ и с сосредоточенным фронтом. Как было указано выше, их экологические и экономические показатели имеют различный характер. Технология рассредоточенного фронта работ обеспечивает более высокое качество очистки воды и большие приведенные затраты на единицу продукции. Для технологии сосредоточенного фронта работ, указанные затраты в большинстве своем значительно ниже, а качество очистки воды зависит от расстановки сороочистителей по системе. При целенаправленной оптимизации расстояний между очистителями качество очистки воды достаточно высокое.

По составу основных операций техпроцесса сороочистительные технологии делятся на два вида:

1 - с предварительным задержанием растительных остатков (ПЗ) и последующим периодическим удалением их из канала;

2 - непосредственное удаление (НУ), при котором сороочиститель немедленно поднимает из воды поступившие к нему стебли.

По типу задерживающихся устройств технологии ПЗ делятся на четыре вида:

- с использованием стационарных сороудерживающих решеток (ССУР);
- с использованием наплавных заграждений (бон);
- совместное использование ССУР+ бон;
- с постановкой гидравлических экранов (ГЭ).

Сороочистительные технологии по типу основного элемента сороочистителя разделяются на мобильные и стационарные, каждая из которых имеет свои недостатки и преимущества. К сожалению, их экологическая и экономическая оценки неравнозначны, так как мобильные средства дешевле, но они не в состоянии одновременно очищать воду в нескольких точках оросительной системы. В то же время, установленные в различных точках стационарные средства одновременно и высококачественно очищают воду, но общая стоимость всех сороочистителей может превышать стоимость мобильных средств.

Технологии непосредственного удаления (НУ) базируются на сороочистительных устройствах - движущихся решетках (ДР), которые обычно имели привод от внешнего устройства. В последние годы в НГМА разработан ряд сороочистителей с приводом от потока воды, что делает такой механизм экологически абсолютно чистым.

Движущаяся решетка представляет собой цепной скребковый транспортер тем или иным образом установленный в потоке воды. Соединяющие цепи скребки, оснащенные пальцами, образуют решетку, движущуюся в потоке воды. Движущаяся решетка выполняет одновременно две функции: задерживающую и транспортирующую. Именно совмещение указанных функций и обеспечивает преимущества технологий, базирующихся на движущихся решетках.

Две стационарные решетки прошли производственную проверку на оросительной системе им. Октябрьской революции в Дагестане.

Предложенные движущиеся решетки не имеют внешнего двигателя и не потребляют традиционных энергоресурсов за счет использования для своего привода нетрадиционного источника энергии - потока воды. Сороочистители, соответственно, чрезвычайно просты по конструкции, поэтому не требуют зна-

чительных затрат на изготовление и эксплуатацию. Кроме того, они практически не засоряют окружающую среду так как источники засорения отсутствуют, а качество очистки высокое. Единственный недостаток предложенных самодвижущихся (автономных) сороочистителей - энергетический порог, который сужает область их применения на низкоэнергетических потоках.

УДК 631.6:681.783.25

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНОЙ ЛОКАЦИИ В ГИДРОТЕХНИКЕ И МЕЛИОРАЦИИ<sup>1</sup>**

Г.Н.Асосков, Ю.П.Добрачев, А.В.Матвеев

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия;

А.В.Дейс, А.В.Исаев,

ООО "ЭКОНГ ком", Москва, Россия

Применение лазерной техники в геодезии и строительстве, развитие компьютерной техники и космической навигации (GPS) и усовершенствование аэрокосмических методов съемки земной поверхности привели к принципиально новому революционному прорыву в области использования лазера – лазерной локации. В настоящее время лазерная локация широко используется и открывает грандиозные перспективы в геодезии и картографии, гидрологии суши и моря, ландшафтоведении и экологии. Технические последствия лазерной локации столь значительны, что их можно сравнить с последствиями появления персональной компьютерной техники, информационных сетей (WWW-Internet), мобильной связи и введением в практику изысканий приемников GPS.

Лазерная локация подразделяется на два типа — авиационное и наземное.

Принцип функционирования лазерного локатора авиационного базирования представлен на рис. 1. В качестве излучателя используется лазер ближнего инфракрасного диапазона, работающий в импульсном режиме. В каждом элементарном измерении в процессе сканирования регистрируются наклонная дальность до точки отражения и значение угла, определяющего направление распространения зондирующего луча в системе координат локатора.

В зависимости от технических характеристик лазерный локатор фиксирует несколько (до пяти) отражений для каждой линии визирования. Это позволяет получать более информативное лазерно-локационное изображение, поскольку в одном элементарном измерении в процессе сканирования могут быть получены отклики сразу от нескольких компонентов объекта, находящихся на одной линии. Первый отклик получается за счет отражений от элементов атмосферы (птицы, летающие объекты), следующий - от листовой поверхности растительности и надземных коммуникаций (провода и опоры ЛЭП, крошки зданий), а последний отклик, как правило, соответствует поверхности земли или другой твердой поверхности (крыша здания, дно открытых водных систем).

---

<sup>1</sup> Статья подготовлена с использованием материалов IV-ой Международной конференции «Лазерное сканирование и цифровая аэросъемка. Сегодня и завтра»



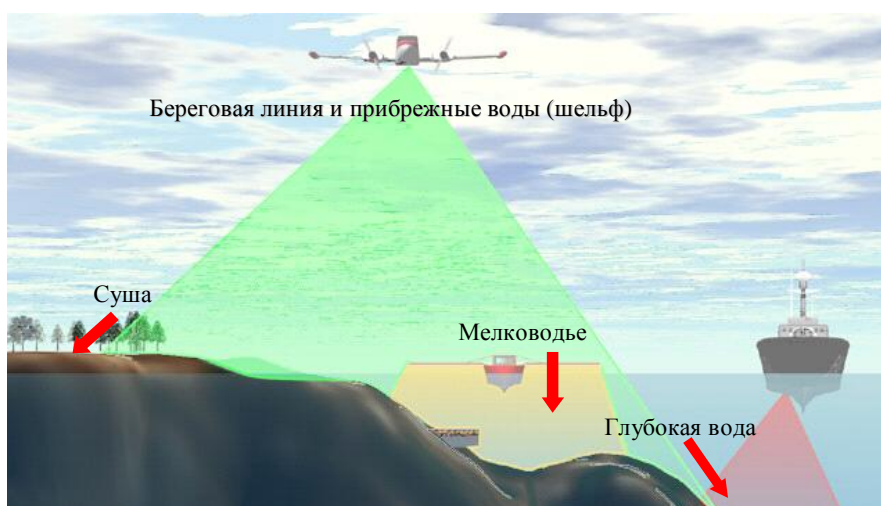


Рис. 1. Принцип функционирования лазерного локатора авиационного базирования

Траектория движения воздушного носителя регистрируется бортовым приемником GPS. Применение бортового приемника сигналов GPS позволяет в реальном масштабе времени с точностью до нескольких метров определять траекторию движения лазерного локатора. В настоящее время на территории России действуют две системы глобального позиционирования: ГЛОНАСС (Россия) и GPS-NAVSTAR (США). В связи с налаженным производством GPS-приемников и полностью развернутой группировкой спутников, американская система получила наибольшее распространение.

Сочетание замеренных значений наклонной дальности и угла сканирования позволяет непосредственно получать абсолютные геодезические координаты элементов изучаемого объекта, вызвавших отражение зондирующего луча (табл. 1).

Таблица 1. Показатели точности структурных компонентов типового лазерного локатора

Определяемый параметр	Источник	Точность
Наклонная дальность	GPS	8-10 см
Пространственные координаты носителя	Лазерный дальномер	10-15 см
Ориентация носителя	Инерциальная система	1-2 мрад (ошибка позиционирования 15-30 см при высоте съемки 300м)

Для оценки возможностей лазерной локации необходимо осмыслить характер получаемых локационных данных. Лазерно-локационное изображение представляет собой множество точек отраженных поверхностей объекта. Каждая такая точка определена тремя пространственными координатами X, Y, Z и характеристиками отражающей способности поверхности: альbedo, плотность и микроструктура. В совокупности эти точки образуют некоторый образ наблюдаемого объекта, который и принято называть лазерно-локационным изображением или "облаком".

Весьма условно всю потенциальную сферу применения этой технологии можно разбить на две большие группы:

1. "Общетопографические" приложения, в которых лазерно-локационными методами решаются определенные задачи в рамках того или иного традиционного метода топографической съемки, который можно охарактеризовать как стереотопографический метод.

2. Специальные приложения, которые, благодаря применению лазерно-локационных методов, дают возможность получать принципиально новые виды информации (идентификация флоры и фауны, мониторинг ГТС, агромелиоративных и открытых водных систем).

Однако на практике эти два вида приложений неотделимы друг от друга.

Рассмотрим некоторые из приложений лазерно-локационного метода. Самым простым и естественным является проведение камерального дешифрирования и рисовка по лазерно-локационным данным контурной части плана местности. Другим, перспективным и развивающимся направлением является семантический анализ лазерно-локационных данных, который предполагает автоматическое обнаружение, распознавание и геопозиционирование объектов различных классов (элементы агроландшафта, гидромелиоративных систем и ГТС). Большой прогресс достигнут также в таких формах семантического анализа как моделирование сельских и городских ландшафтов, инженерных коммуникаций, береговой линии. Для всех этих направлений имеются прикладные программы, реализующие разнообразные алгоритмы работы с объектами соответствующего класса.

Математическое обеспечение создания цифровых моделей рельефа (ЦМР) и других форм геоморфологического анализа на основе лазерно-локационных данных, сегодня уже считается классическим (рис. 2). Создаваемые ЦМР играют исключительно важную роль при автоматическом создании ортофотомозаики. В настоящее время исключительно по лазерно-локационным данным может быть прорисована вся рельефная часть местности. Процедура восстановления истинного рельефа по лазерно-локационным данным автоматизирована. Побочными продуктами автоматизации является создание триангуляционной (TIN) и регулярной (GRID) моделей поверхности рельефа, которые имеют важное практическое значение. Такое представление позволяет использовать для дальнейшей информационной обработки, разработанные ранее процедуры геоморфологического анализа для выделения граничных линий и других структурных компонентов (рис. 3).

Процедуры выделения поверхности истинной земли из облака лазерных точек автоматически решают другую задачу — выделение наземных компонентов, прежде всего растительности. Это обстоятельство в ряде случаев используется для построения векторных моделей лесных массивов. С помощью таких моделей успешно решаются задачи таксации леса и численной оценки лесотехнических характеристик, и кроме того может быть выполнена оценка продуктивности фито- и агроценозов.

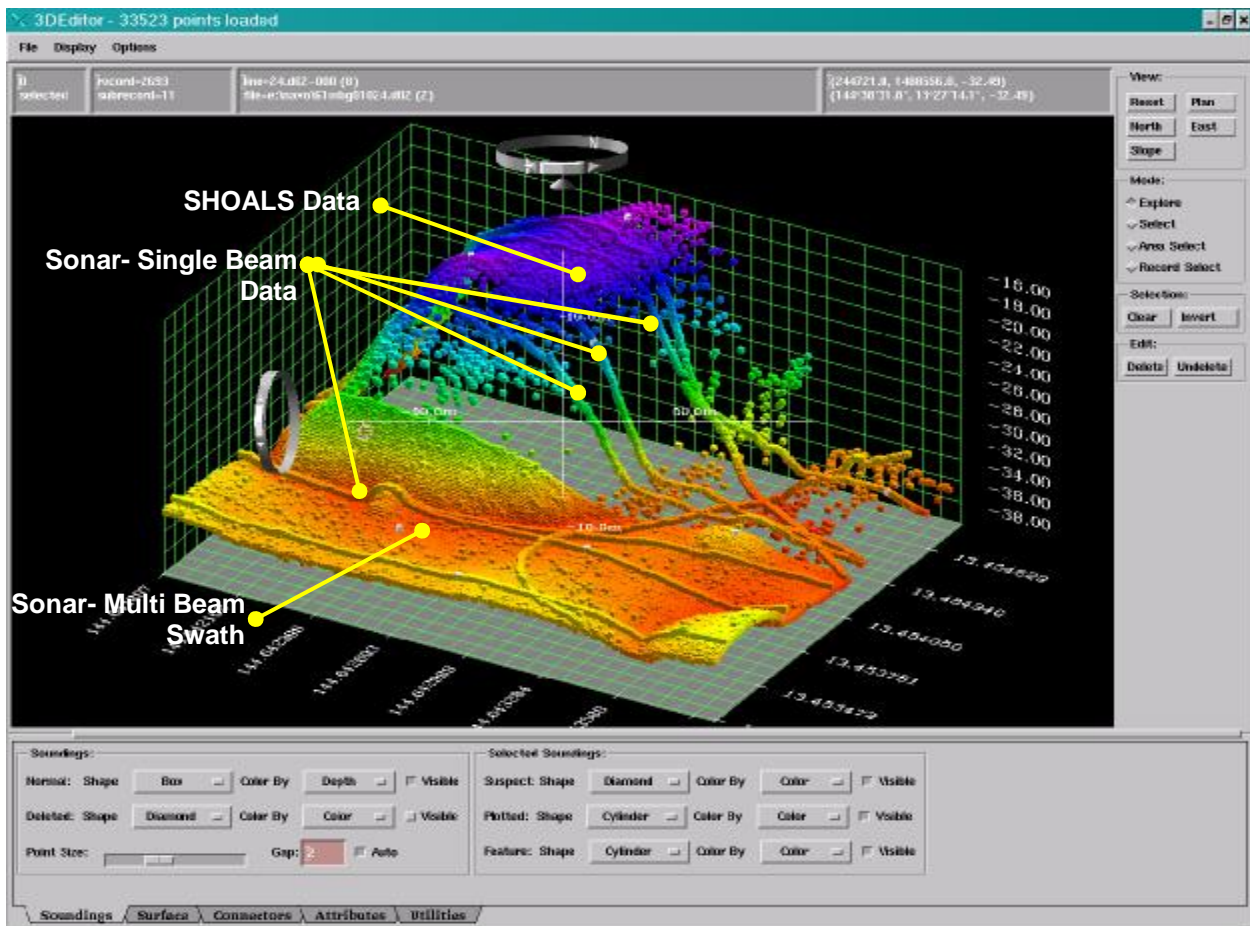


Рис. 2. Создание цифровой модели рельефа (ЦМР)

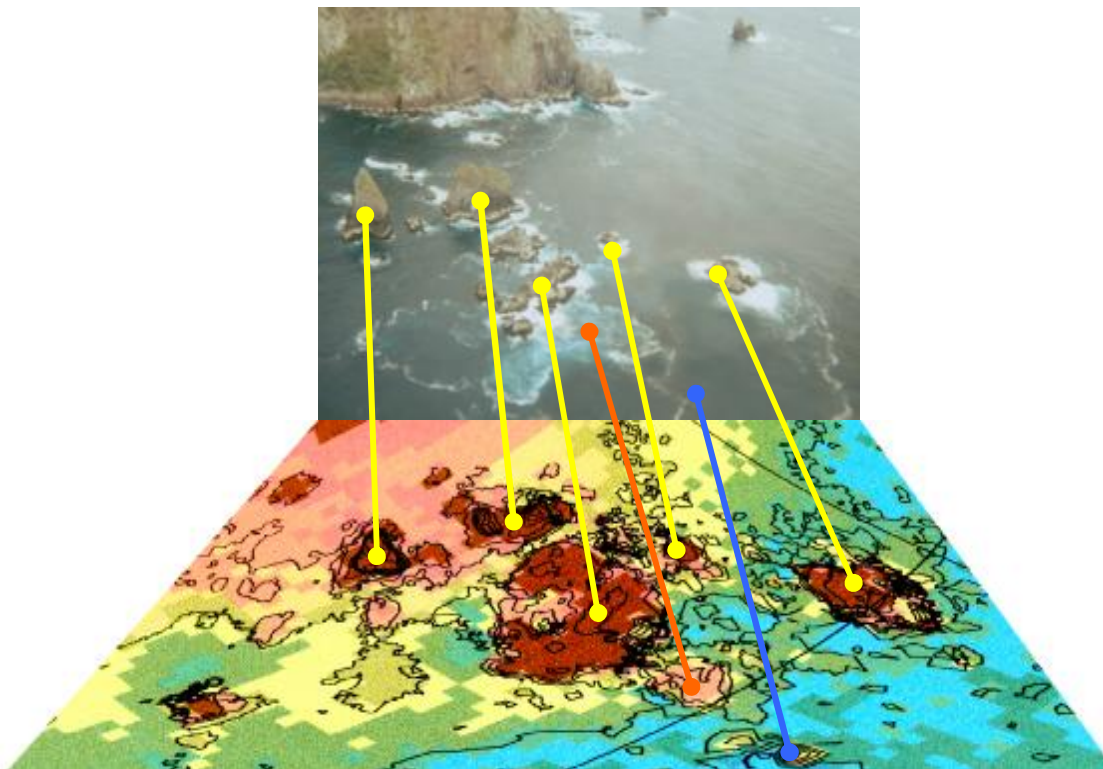


Рис. 3. Процедура восстановления истинного рельефа по лазерно-локационным данным

Геоморфологическое направление тематического анализа в лазерной локации имеет ряд важных приложений — прогнозирование наводнений, оценка объема снежной массы, мониторинг карьеров, оценка эрозии береговой линии и др. Непосредственно по лазерным данным успешно решаются землеустроительные задачи. Поэтому данный метод может быть чрезвычайно полезен в реализации адаптивно-ландшафтного земледелия для выделения однородных по почвенно-микrokлиматическим условиям земельных участков.

Наземное лазерное сканирование является самостоятельным направлением топогеодезических работ и построено практически на тех же принципах производства измерений, что и авиационное лазерное сканирование (рис. 4). Наземное лазерное сканирование позволяет обеспечить большую плотность и точность точек лазерных отражений и, следовательно, более высокий уровень детализации съемки. Например, с использованием технологии наземного лазерного сканирования можно выполнять съемку внутри инженерных сооружений (насосная станция, плотина, теплица и т.п.), что в ряде случаев трудно или просто невозможно сделать традиционными методами (рис. 5).

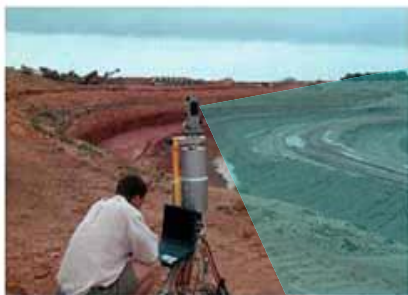


Рис. 4. Принцип функционирования лазерного локатора наземного базирования и ЦМР

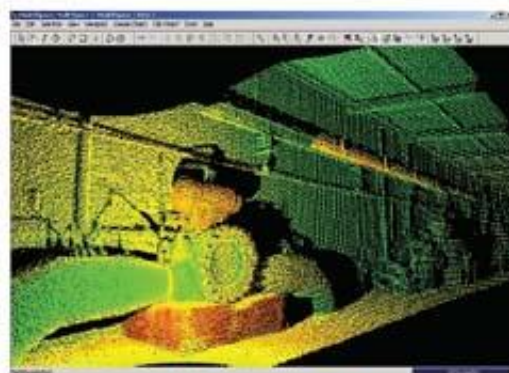


Рис. 5. Фрагмент насосной станции, представленный в виде трехмерного облака точек с градацией по коэффициенту отражения

Наземное лазерное сканирование может быть использовано при съемках и построении моделей рельефа и местности на локальных территориях, где необходимо отразить все микроформы и сложные участки рельефа, а применение воздушной локации не оправдано по экономическим соображениям.

Использование наземного лазерного сканирования для проектирования и восстановления агроландшафтов и ГТС является развитием и совершенствованием наземной фотограмметрии. Учитывая возможность фиксации сканирующими системами истинного цвета или совмещение их с цифровыми фотокамерами, можно оперативно получать координированные модели природных объектов (почва, посевы) фотореалистического качества, строить по ним картограммы землепользования, выделяя структурные формы и однородные площадные элементы, что особенно важно для развития точного агромелиоративного земледелия.

Трехмерная модель, получаемая в процессе сканирования, изначально не является векторной, но по ней можно выполнять пространственные измерения: вычислять объемы насыпи и выемки, расстояния между точками, нормальные расстояния от точки до поверхности, между поверхностями и осями и отдельными составляющими модели. Точечный массив может быть преобразован в векторную трехмерную модель и двухмерные рисунки с помощью различных программ с возможностью создания библиотеки объектов, которые могут использоваться вместе со сканирующими и моделирующими системами. Модель и контуры могут быть напрямую перенесены в среду AutoCAD (Autodesk, Inc., США), MicroStation (Bentley Systems, Inc., США), 3D StudioMax и использованы в ГИС и в САПР гидромелиоративных систем.

Сегодня лазерное сканирование является неотъемлемой и, возможно, самой перспективной частью геодезии. Многие производственные объединения (ГеоКосмос, ГеоПолигон, ГеоЛидар) это хорошо понимают и поэтому уделяют самое серьезное внимание вопросам развития этого направления. Уже сегодня проводятся работы с использованием лазерно-локационной техники в интересах многих российских предприятий, среди которых такие крупные как ОАО "Газпром" и РАО ЕЭС. Курс на создание систем картографирования в реальном времени является одним из важнейших приоритетов, что позволяют надеяться на появление таких систем в самом ближайшем будущем.

УДК 632.954

## **БОРЬБА С СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ НА ОТКРЫТЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛАХ ГЕРБИЦИДОМ РАУНДАП**

Т.Г. Балакай

ФГНУ «РосНИИПМ», Новочеркасск, Россия

В условиях недостаточного увлажнения юга России орошаемые земли являются одним из основных гарантов получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. Однако теплый климат и наличие воды в оросительных каналах приводит к зарастанию их различными видами гидрофитных сорных растений - тростником, рогозом, ежовником и другими. Это снижает пропускную способность каналов, увеличиваются потери воды на испарение и фильтрацию, возрастают затраты на борьбу с сорной растительностью.

Распространенный в настоящее время механический способ борьбы с сорной растительностью на каналах является трудоемким и недостаточно эффективны, так как после удаления надземной части растения отрастают вновь от сохранившейся жизнеспособности корневой системы.

Исследования, проведенные в РосНИИПМ с 1991 по 2004 годы показали, что реальным и эффективным средством снижения затрат по уходу за оросительными системами является химический метод борьбы с сорной растительностью. С появлением гербицида нового поколения Раундап и разрешением использования его для борьбы с гидрофитной сорной растительностью на оросительных и сбросных каналах стало возможным его применение для этих целей. Однако технология его внесения ранее не была разработана, а анализ существующих тракторных опрыскивателей для внесения гербицидов показал, что они не приспособлены для работы на каналах, имеющих насыпные дамбы или выемки, поэтому нами были проведены исследования по разработке устройства и механизированной технологии уничтожения химическим способом растительности на оросительных и коллекторно-сбросных каналах гидромелиоративной сети.

Наблюдения за особенностями зарастания каналов показали, что на открытых каналах наибольшее распространение имеют гидрофитные растения - тростник и рогоз, которые занимают соответственно до 93 % и 3 % зеркала воды в канале и часть поверхности почвы на откосах каналов. Изучение особенностей зарастания канала тростником (виды) показало, что растения могут распространяться на глубину воды в канале до 1,7 м, и наибольшую высоту 6,2-6,3 м имеют растения, растущие у кромки воды до глубины 0,5 м. На сухой откос канала при наличии влаги в почве тростник распространяется до высоты 2,0 м и более (рис. 1).

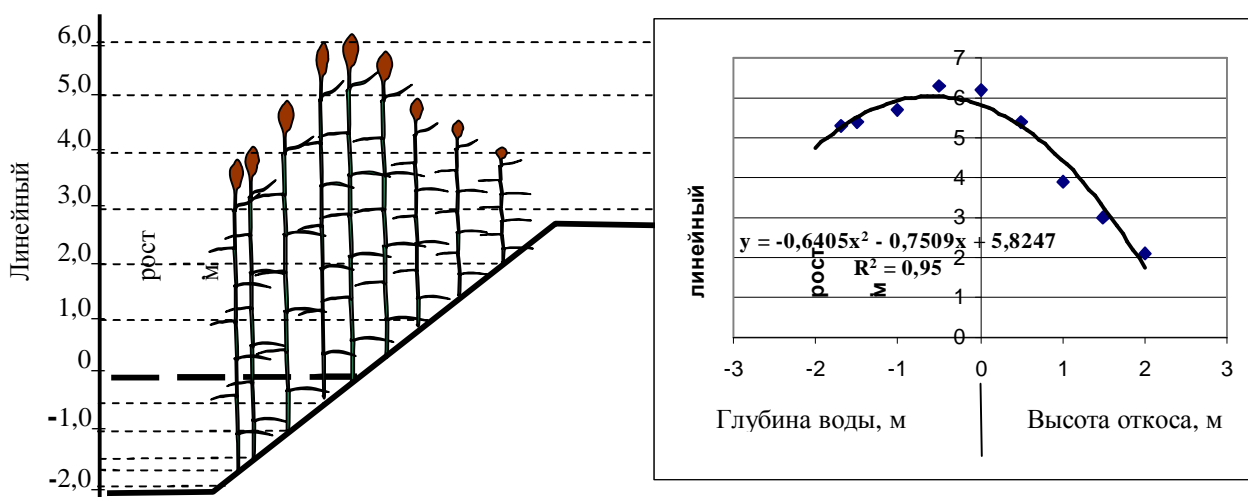


Рис. 1. Высота растений тростника в зависимости от глубины воды и удаленности от кромки воды

Изучив линейный рост основных гидрофитных растений и типовые размеры существующих открытых каналов, нами была разработана ломанная дугообразная штанга, огибающая поверхность дамбы в поперечном сечении с уче-

том высоты обрабатываемых растений. Новая установка УВГ-9,3 (патент РФ № 2132131) представляет собой складную штангу, унифицированную для серийно выпускаемых опрыскивателей и приспособленную для обработки открытых оросительных каналов и коллекторов всех существующих типоразмеров (рис. 2).

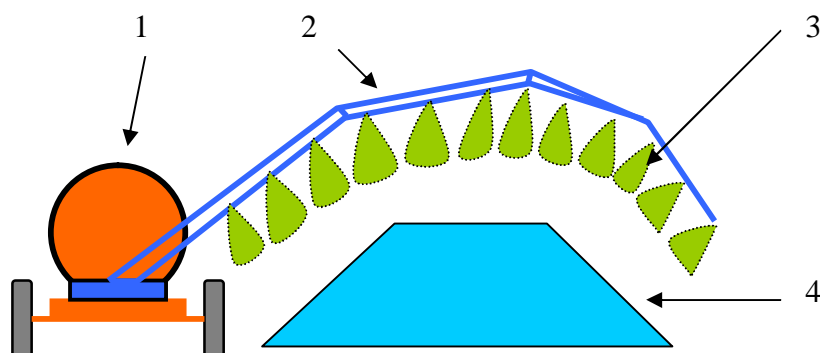


Рис. 2. Штанга складная для опрыскивания дамб каналов (установка УВГ-9,3 конструкции РосНИИПМ):

1 – серийный тракторный опрыскиватель (ОПШ-15, ОВТ-1А и др.); 2 - штанга складная конструкции РосНИИПМ; 3 – направление распыления раствора гербицида; 4 – профиль дамбы канала в насыпи.

Успешное использование системного гербицида Раундап обеспечивается применением его в активные фазы роста растений - выметывание и начало налива семян, когда идет отток гербицида и части питательных веществ в корневую систему, что вызывает гибель всего растения.

На сроки гибели растений оказывают влияние и дозы внесения гербицида. Нами установлено, что внесение 5 л/га не эффективно, так как растения оставались живыми и на следующий год отрастали (табл. 1).

Таблица 1. Влияние доз гербицида Раундап на сроки гибели надземной части растений тростника и рогоза при обработке установкой УВГ-9,3, фаза выметывания, 1994-1995, 2004 гг.

Доза гербицида	Густота стояния стеблей, шт./м <sup>2</sup>					
	тростник			рогоз		
	0-30	30-60	более 60	0-30	30-60	более 60
5	Растения угнетены, но живы	Растения угнетены, но живы	Растения угнетены, но живы	Растения угнетены, но живы	Растения угнетены, но живы	Растения угнетены, но живы
8	60-70	60-70	Растения сильно угнетены, но живы	45-50	48-55	Растения сильно угнетены, но живы
10	60-70	60-70	60-70	45-50	48-55	50-60
15	60-70	60-70	60-70	40-45	45-50	45-50

При дозе 8 л/га растения тростника и рогоза погибли при слабом и среднем зарастании канала с густотой стеблестоя до 60 шт./м<sup>2</sup>, но при сильной степени зарастания (более 60 шт./м<sup>2</sup> стеблей) дозу Раундапа необходимо увеличить до 10 л/га. Повышение дозы гербицида более 10 л/га не рекомендуется.

Для разработки технологического процесса внесения гербицида и достижения равномерного и качественного внесения раствора по длине штанги УВГ-9,3, нами изучены и установлены следующие показатели: углы расположения штанги в зависимости от необходимой ширины обработки от 3 до 9,3 м при заданной высоте ее поднятия; расход раствора стандартными распылителями при различном давлении в системе подачи раствора; расположения распылителей по длине штанги, обеспечивающие равномерное распределение капель раствора на различных ярусах листовой поверхности.

В связи с наличием большого количества типоразмеров каналов и сложностью расчета дозы внесения гербицида для них нами разработан алгоритм расчета дозы гербицида. В основу алгоритма принимались технические характеристики установки УВГ-9,3: V - рабочая скорость, км/час; b<sub>0</sub> - ширина захвата опрыскивателя, м; W<sub>0</sub> - рабочий объем бака опрыскивателя, м<sup>3</sup>; N - требуемая гектарная доза гербицида, л/га, которые вошли составной частью в полученную нами формулу:

$$D=0,1 \cdot B \cdot V \cdot N \cdot W.$$

Данная формула позволяет (с учетом переводного коэффициента 0,1) рассчитать дозу гербицида D на единицу объема раствора – 1 м<sup>3</sup> или на объем емкости опрыскивателя (рис. 3).

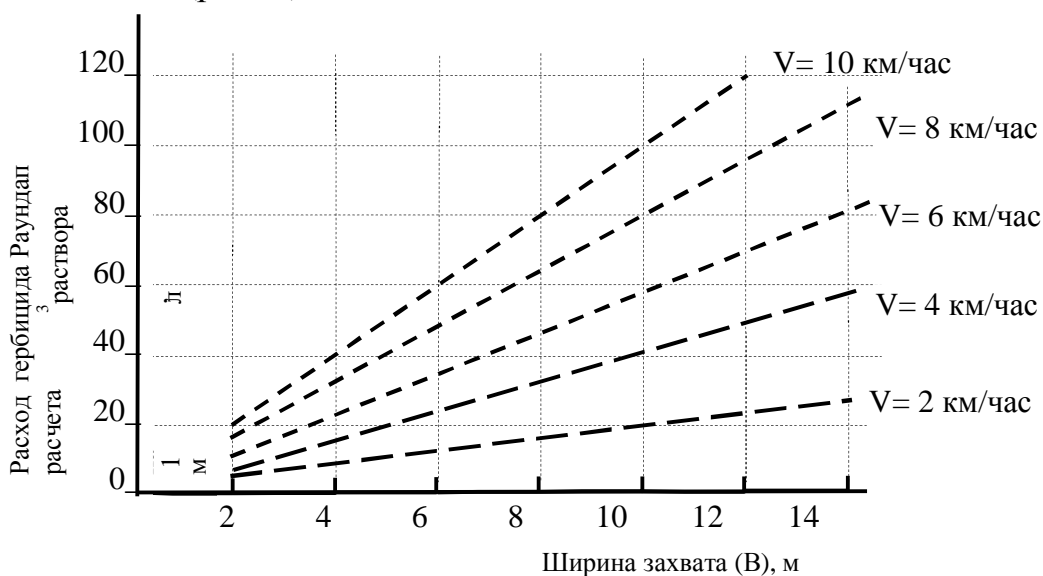


Рис.3 . Номограмма для определения нормы расхода гербицида на 1 м<sup>3</sup> раствора

На рис. 3 приведена номограмма для определения дозы гербицида на 1м<sup>3</sup> рабочего раствора в зависимости от скорости агрегата и ширины обрабатываемого канала.



Разработанная установка УВГ-9,3 и механизированный процесс внесения гербицида Раундап прошли широкую производственную проверку на оросительных системах и внедрены на площади 6838 га в Ростовской, Саратовской, Астраханской областях с экономическим эффектом более 3,5 млн руб.

Применение нового устройства и технологического процесса для борьбы с сорной растительностью с применением гербицида Раундап экономически выгодно, так как тростник на сбросных каналах в течение 3-5 лет не отрастает, а на оросительных, где в дальнейшем проводятся механические способы борьбы, этот период может продлиться до 12-13 лет, поэтому и затраты на борьбу с сорной растительностью снижаются в 9-15 раз, производительность труда повышается в 5-6 раз по сравнению с распространенным механическим способом - ежегодным трехразовым скашиванием растений роторной косилкой РР-26.

Таким образом, исследования особенностей роста и развития сорной растительности на открытых каналах позволили разработать работоспособную установку УВГ-9,3, которая позволяет механизировать процесс внесения гербицида Раундап для борьбы с сорной растительностью, повысить производительность труда и сократить эксплуатационные затраты на содержание каналов в чистом от сорняков виде.

УДК 631.612:626.8

## **СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ РОССИИ**

В. Н. Басс, В.С. Пунинский

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Система технологий и машин для комплексной механизации мелиоративных работ как научно-техническая и организационная основа создания новой мелиоративной техники и как свод зарегистрированных в установленном порядке наиболее эффективных технологических приёмов, машин и оборудования, программ их развития начала разрабатываться в конце 50-х годов прошлого столетия.

Под Системой технологий и машин понимается совокупность различных машин и приспособлений, отражающая их жизненный цикл и взаимно увязанных в технологическом процессе по своим технико-экономическим, эксплуатационным показателям и обеспечивающих последовательность выполнения основных и дополнительных операций рабочих процессов.

Активное участие в создании первых выпусков Системы машин для комплексной механизации мелиоративных работ приняли такие крупные ученые и сотрудники ВНИИГиМ как: Д.Л. Меламут, Е.Д. Томин, В.А. Емельянов, Б.М.Кизяев, З.М.Маммаев, И.П. Братышев, Е.И. Копьёв, М.Т. Клокова, В.А. Кокоз, Л.Г. Балаев, Л.И. Стеценко, Г.В. Гумбург, Г.В. Жилин, Ю.А. Соколов, К.В.Губер.

Под руководством ВНИИГиМ к созданию Системы машин были привлечены много научных, проектных и производственных организаций, включая ВНИИМиТП, ВИСХОМ, ВИМ, НАТИ, ВНИИземмаш, ВНИИстройдормаш, В/О «Союзводпроект», В/О «Союзсельхозтехника» и другие.

О серьезном уровне Системы машин говорит и тот факт, что она утверждалась Министерством сельского хозяйства СССР, Всесоюзным Объединением «Союзсельхозтехника» Совета Министров СССР, Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР, Министерством тракторного и сельскохозяйственного машиностроения, Министерством строительного, дорожного и коммунального машиностроения, Министерством машиностроения для животноводства и кормопроизводства, Государственным комитетом лесного хозяйства СССР.

Первоначально мелиоративные комплексы и машины, их было 36 наименований машин, входили в состав машин для растениеводства, как один из подразделов. Система машин для мелиоративных работ начала формироваться и реализовывалась с периодичностью 5 лет, как четвертая часть Системы машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства, а в дальнейшем – часть III, Мелиорация.

С 1981 по 2000 год периодичность Системы машин возросла до 10 лет, а с 2001 года формируется как самостоятельный документ и называется Федеральные регистры базовых и зональных технологий и технических средств для мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России до 2010 г.

Динамика развития Системы машин представлена на рисунке 1.

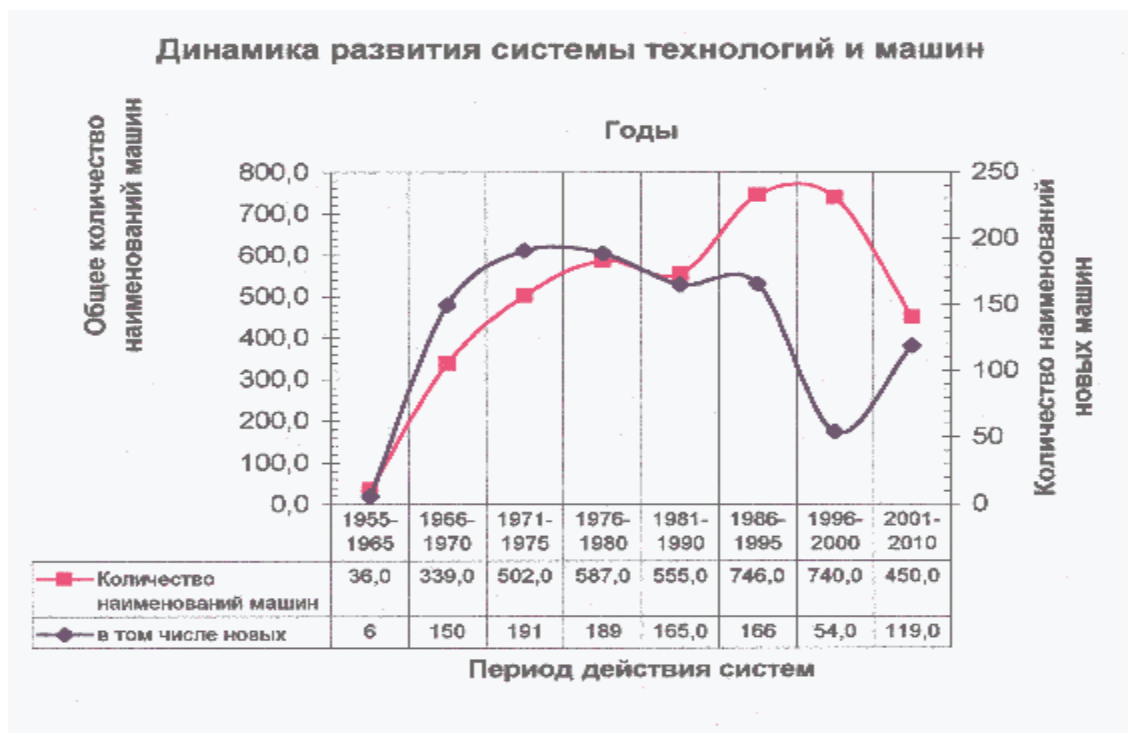


Рис.1 Динамика развития Систем машин

Система технологий и машин, учитывая все разнообразие в потребностях и возможностях сельских производителей при мелиорации земель, должна предложить им набор технических средств и технологических приемов с учетом природно-климатических и производственно-экономических условий.

Применение регистров технологий и технических средств обеспечит качественное проведение мелиоративных работ и своевременное формирование рационального парка технических средств, выполнение мониторинга состояния мелиорированных земель и мелиоративных систем.

Федеральные регистры базируются на наличии системной связи выполняемых процессов и операции в виде условия поточности.

Разработанный документ федерального значения регламентирует создание, испытания и внедрение в производство новых технологий и техники на период до 2010 года.

Структурно Система технологий и машин представляет собой свод регистров технических средств, базовых типовых технологий и технологий, приспособленных к условиям хозяйствования товаропроизводителей, строительных и сервисных организаций и конкретным климатическим, почвенным, гидрогеологическим условиям зон ( адаптеры технологий).

В базовые типизированные технологии производства мелиоративных работ на период до 2010 года включены в шесть регистров с 23 технологическими модулями. Для зонального применения типизированные технологии производства мелиоративных работ содержат 19 адаптеров типизированных технологий с 51 технологическим модулем. На основе технологических модулей типизированных технологий производства мелиоративных работ сформирован регистр технических средств для их реализации по состоянию производства машин на 01.01.2001 г., 01.01.2005 г, 01.01.2010 г.

В регистры технических средств включаются показатели отличительных конструкционных и конструктивных особенностей, важнейшие технологические и технические параметры, по ряду машин приводятся отдельные существенные технологические требования. Ареалы применения и виды агроландшафтов в увязке с машинами и технологическими операциями отражены в адаптерах технологий, а последовательность операций, интенсивность и эффективность машин включены в технологические модули, что ранее в таком виде не указывалось. Регистры базовых типовых технологий предусматривают наличие трех типов технологий: высокие -А, интенсивные - Б, нормальные - В. Структура Федерального регистра технических средств для производства мелиоративных работ на период до 2010 года приведена в таблице 1.

Новизна в принципах формирования Системы технологий и машин заключается в первоочередном технологическом и техническом оснащении производства приоритетных видов работ, какими в настоящее время являются ремонтно-эксплуатационные и культуртехнические мероприятия на уже существующих мелиоративных системах и мероприятия по улучшению мелиоративного состояния земель, т. е. сохранение имеющегося мелиоративного потенциала в первую очередь.

Таблица 1. Структура Федерального регистра технических средств для производства мелиоративных работ на период до 2010 года

Шифр по СТМ М.РТС	Наименование	Всего технических средств в СТМ		
		2001 г	2005 г	2010 г
М.РТС-1	Технические средства для строительства и реконструкции оросительных, осушительных и обводнительных систем	58	58	53
	1.Экскаваторы-каналокопатели, каналокопатели и заравниватели	10	10	7
	2.Машины для строительства дренажа	13	13	13
	3.Машины для строительства закрытых оросительных систем из трубопроводов	7	7	5
	4.Планировщики и выравниватели	8	8	8
	5.Машины для устройства бетонных покрытий	9	9	9
	6.Борозделатели и валикоделатели	7	7	7
	7.Машины для крепления откосов осушительных каналов	4	4	4
М.РТС-2	Технические средства для производства культуртехнических работ	81	81	81
	1. Машины для расчистки земель от древесно-кустарниковой растительности	17	17	17
	2. Машины для уборки камней	22	22	22
	3. Машины для первичной обработки и улучшения земель	25	25	25
	4. Машины для строительства дорог и ухода за ними	17	17	17
М.РТС-3	Технические средства для производства ремонтно-эксплуатационных работ	36	36	36
	1.Каналоочистительные машины	7	7	7
	2. Машины для скашивания и удаления растительности	9	9	9
	3.Машины для промывки и ремонта закрытого дренажа	4	4	4
	4.Машины для производства эксплуатационных и ремонтно-строительных работ способом гидромеханизации	10	10	10
	5.Машины для ремонта и содержания гидротехнических сооружений	6	6	6
М.РТС-4	Технические средства для полива	121	122	122
	1.Дождевальные машины и установки	39	40	40
	2.Технические средства для поверхностного полива	15	15	15
	3.Вспомогательное оборудование для орошения	34	34	34
	4.Передвижные насосные станции	33	33	33
М.РТС-5	Вспомогательно-подготовительные междутраслевые технические средства для землеройного, погрузочного, транспортного и энергетического обеспечения мелиоративных работ	153	153	150
	1.Землеройные машины и агрегаты	35	35	33
	2.Погрузочные машины и установки	20	20	20
	3.Транспортные машины и тягачи	50	50	49
	4. Энергетические средства и установки	39	39	39
	5.Оборудование для производства буровых работ	9	9	9
	ВСЕГО:	449	450	442

Система технологий и машин содержит новые технологические процессы, опирающиеся на использование физико - механических принципов, которые позволяют получать новые технологический, технический и экономический эффект. На этих принципах базируются технологии строительства дренажа в зоне орошения и дреноукладчик ДУ-4003 для выполнения дренажных работ, каналоочиститель и дренопромывочная машина ДМ-250 для очистки дрен от наносов с использованием аэровакуумного эффекта и осветления, повторного использования промывочной воды.

Высоким техническим уровнем отличаются технологии по улучшению лугов и пастбищ путем измельчения кустарника и мульчирования щепой поверх-

ности земель, а также глубокой обработки и рыхления тяжелых переувлажненных минеральных почв, способствующее быстрому сбросу поверхностных вод в нижележащие слои и ускорению сроков проведения сельскохозяйственных работ.

Разработанные во ВНИИГиМ Федеральные регистры технологий и машин, учитывают всё разнообразие в потребностях и возможностях сельских производителей при мелиорации земель, предлагает им набор технических средств и технологических приемов с учетом природно-климатических и производственно-экономических условий.

Направленность разработок по совершенствованию технологий и созданию перспективных комплексов машин, технологических и технических модулей для мелиорации земель, восстановления естественных региональных агроландшафтов, ограничения антропогенного и техногенного пресса на природу определяется возросшими требованиями к воспроизводству плодородия почв мелиорированных угодий и комплектования машинно-тракторных агрегатов (МТА) и шлейфа рабочего оборудования мобильных энергетических средств (МЭС) на основе соответствия их экологически безопасным технологическим требованиям.

Анализ опыта водохозяйственного и мелиоративного строительства предыдущих лет показал, что НТП в области механизации мелиоративных работ (по 94 наименованиям машин) должен идти в направлении: создания мобильных сборно-разборных (блочно-модульных) мелиоративных технических средств, универсальных по способу энергоснабжения; совершенствования конструкции рабочих органов адаптивных для различных грунтовых условий; разработки высокоэффективного вспомогательного оборудования интегрального типа; расширения области применения и сокращения сезонности работ.

Для обеспечения возможности проведения эксплуатационных, культуртехнических, дренажных, земляных и гидромеханизированных работ будут созданы новые технические средства за счет осуществления научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по совершенствованию и освоению экологически безопасных технологий и средств механизации, а также расширения парка отечественной техники, создания модификации машин, пригодных для использования на мелкоконтурных участках фермерских хозяйств, энергонасыщенных машин для протяженных крупных сооружений (табл. 2).

Система технологий и машин предусматривает возможность восстановления производства в 2005 году 330 наименований машин. Новые разработки 93 наименований машин 2001 года базируются на научном заделе не востребованном с 1991 года. Модернизация 125 наименований машин к 2005 году сводится к резкому сокращению комплектации машин сменными рабочими органами, оставляя более универсальный, многоцелевой рабочий орган, при этом следует ожидать снижения значений функциональных параметров машин, их массы и надежности в результате доведения себестоимости и отпускной цены машины до уровня платежных возможностей сельских товаропроизводителей, сервисных и водохозяйственных организаций.

Таблица 2. Динамика парка технических средств для мелиоративных работ  
(единиц наименований)

Состояние производства	Находится в производстве	Выпускается, но подлежит замене	Требуется модернизации	Подлежит разработке	Рекомендовано в производство	Проходит испытания	Всего
На 2001 г.	271	0	36	93	39	10	449
На 2005 г.	301	8	89	1	29	22	450
На 2010 г.	313	5	113	0	10	1	442

К 2010 г. 113 наименований технических средств претерпит коренную модернизацию с целью как возвращения показателей надежности к ранее достигнутому уровню, так и по пути улучшения функциональных, конструктивных, ресурсных показателей, факторов адаптивности и соблюдения экологических требований.

Статус Системы технологий и машин как государственного документа, отражающего технологическую и техническую политику, вытекает из её назначения:

- исполнительным органам служить регламентирующим основанием для определения мер дифференцированной поддержки отечественных сельских и промышленных товаропроизводителей на федеральном и региональном уровне, защиты отечественных сельских и промышленных производителей материально-технических ресурсов, охраны окружающей среды, стимулирования развития сферы производства и услуг в условиях регулируемого рынка;
- агропромышленным товаропроизводителям являться рекомендательной основой для технического и технологического оснащения их производства;
- научным и конструкторским организациям служить регламентирующим ориентиром разработок;
- машиностроительным и сервисным предприятиям являться приоритетной информацией при оценке ситуации на регулируемом рынке материально-технических ресурсов и услуг;
- предпринимательским структурам системы материально-технического, банковского и консультационного сервиса служить базой для принятия решений по развитию бизнеса в указанных сферах деятельности.

УДК 626. 862. 4

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УКЛАДКИ ДРЕН ПРИ ВЫСОКОМ УРОВНЕ ГРУНТОВЫХ ВОД**

Г.Х.Бедретдинов, И.С.Карпушкин  
ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Потребность в реконструкции орошаемых земель на площади более 1,7 млн. га вызывает необходимость исследования путей повышения эффективности укладки дренажа при высоком уровне грунтовых вод.

Существующие технологии предусматривают укладку дрен преимущественно в обводненные грунты, а при высоком уровне грунтовых вод рекомендуется проводить предварительное водопонижение. Работы по предварительному водопонижению повышают стоимость укладки дренажа в среднем на 30...40 % и увеличивают сроки строительства.

Исследования последних лет показывает возможность укладки дрен в обводненные грунты, однако способы и технологии характеризуются большими объемами земляных работ (метод полки, траншейный способ) и повышенными энергетическими затратами (бестраншейный способ).

Узкотраншейный способ укладки дренажа является перспективным и в наибольшей степени отвечает современным экономическим и экологическим требованиям. Исследования А.В.Колганова позволили рекомендовать укладку дренажа узкотраншейным способом без дополнительных мероприятий при уровне грунтовых вод на 0,7 м выше линии укладки дренажа. При больших уровнях грунтовых вод В.И.Миронов рекомендует выполнять укладку дренажа после устройства «лидерных» дрен или траншей, которые увеличивают объемы работ и повышают стоимость строительства.

Существующие технологии предусматривают применение в качестве ведущих машин узкотраншейных дреноукладчиков с цепными рабочими органами, выполняющими траншею с выносом грунта на поверхность. Обратная засыпка траншеи выполняется с помощью дополнительного транспортера. Применение традиционных дреноукладчиков при высоком уровне грунтовых вод вызывает интенсивное налипание грунта на элементы рабочего органа, при этом уменьшается выносная способность цепи и снижается производительность укладки дренажа. Исследования [1] показывают, что применение цепных рабочих органов на переувлажненных грунтах требует дополнительной доработки ножевой системы, предотвращающей налипание грунта.

По исследованиям ВНИИГиМ создан дреноукладчик ДУ-4003 с цепным рабочим органом, выполняющим разработку грунта сверху вниз. Рабочая часть цепи разрыхляет грунт и подает его через нижнюю точку на транспортирующую часть за рабочим органом. За активной частью рабочего органа установлен пассивный нож с укладчиком трубы и бункером для формирования дренажной обсыпки. Обратное вращение цепи и конструкция укладчика трубы позволяют выполнять укладку дрен практически без выноса грунта на поверхность траншеи. Технология с применением нового дреноукладчика позволяет совместить операции по разработке грунта, укладке и обратной засыпке дрены.

Производительность дреноукладчиков с разработкой грунта сверху вниз пропорциональна скорости цепи. Повышение скорости цепи при работе в сухих грунтах приводит к увеличению мощности и интенсивному износу режущих элементов рабочего органа, поэтому максимальные скорости в минеральных грунтах ограничиваются 1,5 ...2,5 м/с [2]. При работе в обводненных грунтах интенсивность абразивного износа снижается за счет естественной смазки разрабатываемой среды, что позволяет увеличить скорость цепи и повысить производительность машины.

Увеличение скорости цепи повышает вероятность выноса части грунта транспортирующей ветвью рабочего органа. Этот недостаток предлагается устранить разработкой ножевой системы с применением преимущественно рыхлящих зубьев. Наряду с совершенствованием ножевой системы предлагается способ (рис.1), при котором проводится рыхление грунта по трассе и устройство канала с шириной по дну равной ширине рабочего органа, глубиной равной толщине растительного слоя и крутыми откосами. Укладку дрены предлагается выполнять по седлающей схеме вдоль оси канала. Обратную засыпку канала растительным грунтом предлагается выполнять в процессе укладки с помощью отвалов, смонтированных в задней части бункера трубоукладчика. Предлагаемый способ и рабочие органы позволяют возвращать выносимый транспортирующей частью цепи грунт по откосам в траншею и максимально сохранить растительный слой грунта на строительной полосе отчуждения.

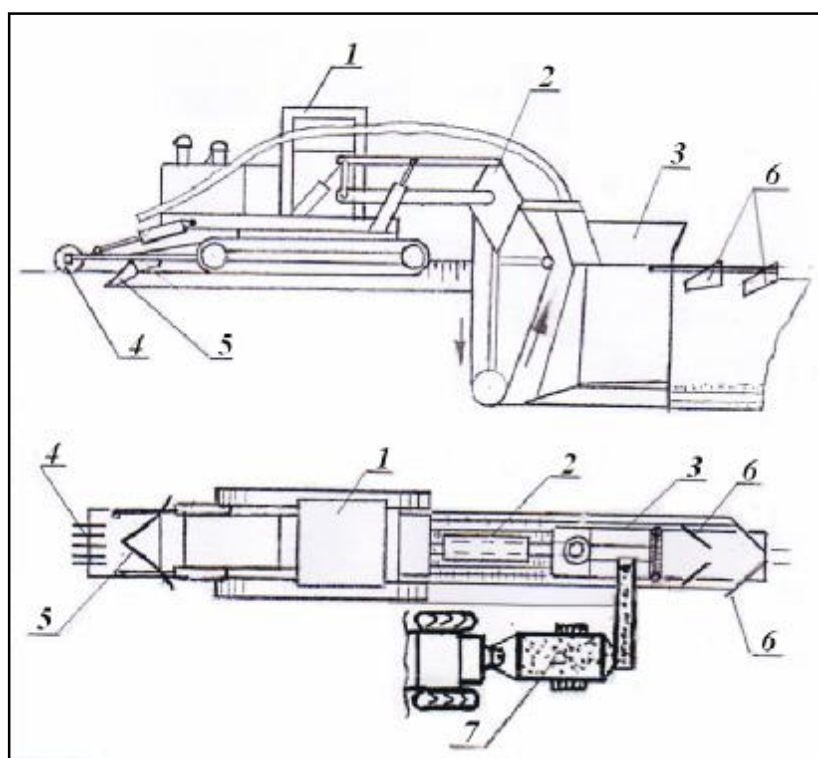


Рис.1. Предлагаемый способ и дополнительные устройства для укладки дрен:  
 1-базовый трактор, 2-рабочий орган, 3-бункер укладчик, 4-рыхлитель,  
 5-каналокопатель, 6-отвалы, 7-перегрузатель фильтра

Характерной особенностью разработки грунта цепным рабочим органом является измельчение грунта в траншее. При высоком уровне грунтовых вод измельченный грунт смешивается с водой, поступающей в траншею, и образует обводненную массу. Обводненный грунт скапливается в траншее и ухудшает условия укладки дрен. Укладка дрен в обводненный грунт связана с повышенной вероятностью кольматации дренажного фильтра. Решение данной проблемы осуществляется: совершенствованием конструкции дренажной трубы и технологическими приемами в процессе укладки дренажа.



Среди известных конструкций наиболее приемлемыми для укладки в обводненный грунт являются: гибкие перфорированные трубы ПВХ с синтетическим фильтром и песчано-гравийной обсыпкой, с многослойными фильтрами и фильтрами с предварительной обработкой поверхности. Перспективно применение незаиляемых материалов фильтров и дренажных труб с повышенной водоприемной способностью. После производственной проверки применение новых материалов и труб позволит отказаться от дорогостоящей дренажной обсыпки и упростить технологию производства работ.

Существующие технологические приемы укладки дрен в обводненные грунты, предусматривающие выполнение промораживания стенок нижней части траншеи (В.И.Миронов) и создание противодействия в процессе укладки (В.А.Шрейдер), являются весьма трудоемкими. Для укладки дрен в обводненный грунт предлагается способ (рис.2), в котором при укладке дрен проводится укрытие поверхности дренажной обсыпки и подача воды в дренажную трубу. Открытие дрены предлагается выполнять после осадения грунта в траншее, постепенно увеличивая ее проходное сечение. Предлагаемый способ позволяет изолировать дренажную обсыпку от обводненного грунта, предотвратить поступление воды в дренаж до осадения грунта в траншее, снизить вероятность кольматации фильтра и обсыпки.

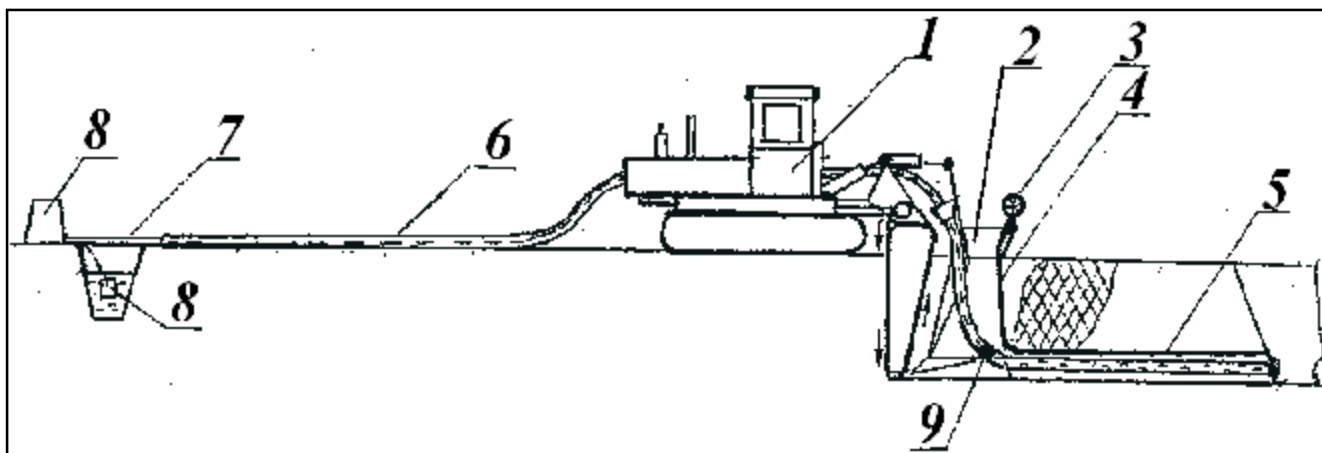


Рис.2. Предлагаемый способ и устройства для укладки дрен в обводненный грунт: 1-базовый трактор, 2-бункер укладчик, 3-барабан с экраном, 4-направляющие для укладки экрана, 5- уложенный экран,6-дренажная труба, 7-труба для подачи воды, 8-насос для подачи воды, 9-зона подачи воды

Укладку дрен с обработанной поверхностью предлагается выполнять с подачей воды в зону укладки. Заполнение дрены водой в процессе укладки позволит уравновесить выталкивающую силу и обеспечит более качественную укладку дренажа в переувлажненный грунт. Открытие дрен предлагается выполнять после осадения грунта в траншее. Работа дрен начинается после разрыва защитной оболочки фильтра под действием гидростатического давления от напора грунтовой воды. Для эффективного применения данного способа необходимо изучить свойства грунта и процесс осадения водонасыщенного грунта в траншее.

Образование водонасыщенного грунта в траншее определяется уровнем грунтовых вод и скоростью укладки дренажа или производительностью дренажера. Очевидно, что при укладке дрен со скоростью большей скорости притока воды в траншею образование водонасыщенного грунта не происходит, если скорость укладки ниже, - возможно его образование. Это определяет основные требования к параметрам рабочего органа и производительности машины.

Производительность дренажера зависит от уровня грунтовых вод и определяется соотношением сухого и обводненного грунта по глубине разработки. Наличие сухого грунта, обладающего большей прочностью, снижает производительность укладки, поэтому предложено перераспределять обводненный грунт из траншеи для увлажнения сухой части выше уровня грунтовых вод. Выравнивание влажности по глубине разработки позволит повысить производительность дренажера, а уборка из траншеи части водонасыщенного грунта повышает качество укладки дренажа.

Скорость укладки дрен снижается с увеличением глубины укладки дренажа. В то же время, увеличение глубины укладки увеличивает междреннее расстояние и снижает удельную протяженность дренажа на 1 га орошаемой площади. Оценка эффективности существующей технологии проведена расчетным методом по стоимости укладки дренажа на площади 1 га. Междренные расстояния в зависимости от глубины рассчитаны по формуле (Справочник Орошение 1999 г) для безнапорного режима работы дренажа. Стоимость укладки дрен в зависимости от глубины получена по расчетным эксплуатационным затратам и производительности дренажера ДУ-3502 с традиционным вращением цепи [3]. В результате расчетов получена зависимость стоимости укладки дрен от глубины (рисунок 3).

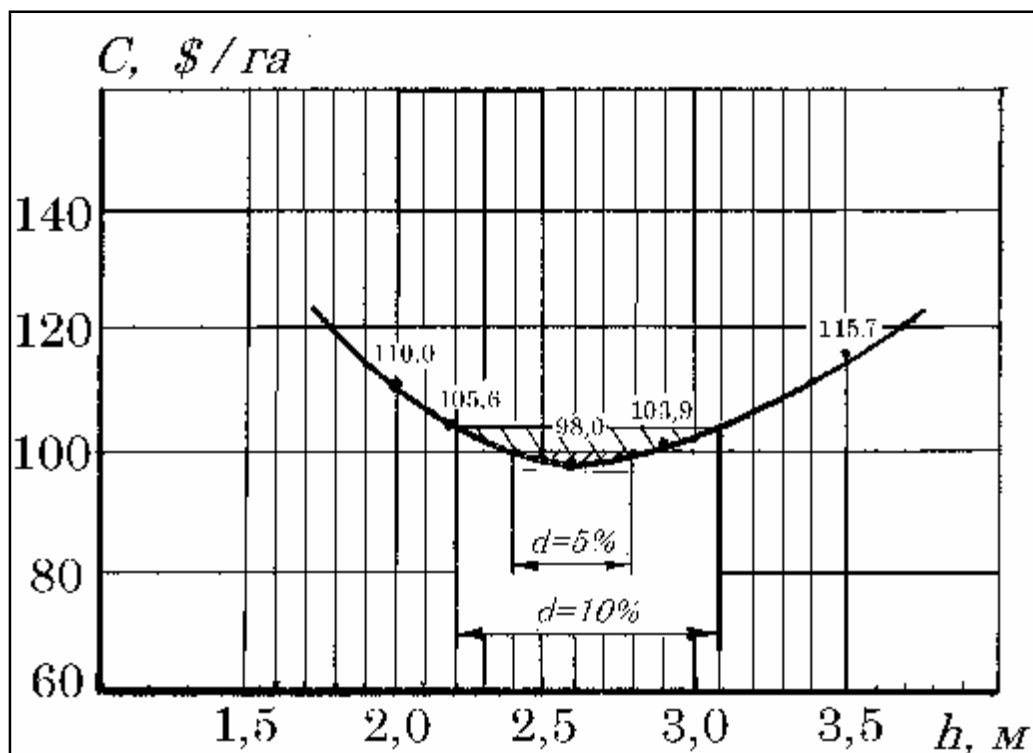


Рис.3. Зависимость стоимости укладки дрен на площади 1 га от глубины укладки

Проведенные расчеты показывают, что при укладке дренажа узкотраншейным дреноукладчиком ДУ-3502 оптимальное значение стоимости укладки достигается при глубине 2,6 м; повышение стоимости укладки при меньших глубинах объясняется влиянием удельной протяженности дренажа, а при больших – производительности ведущей машины.

Наличие оптимальной глубины укладки затрудняет проектирование дренажа, поэтому предлагается определять рациональную зону укладки по зависимости,  $C = C_0 d$ , где  $C_0$  – оптимальная стоимость укладки,  $d$  – допуск на отклонение от оптимальной стоимости укладки в %. Расчеты показывают, что при допуске 5% рациональные глубины укладки составляют 2,4...2,8 м; при допуске 10% - 2,2...3,1 м.

Исследование процесса укладки дрен дреноукладчиком ДУ-4003 позволит обосновать производительность машины при различных глубинах и уровнях грунтовых вод и оценить эффективность предлагаемой технологии.

#### Литература

1. Миронов В.И. Комплексно-механизированные технологии строительства закрытого горизонтального дренажа в зоне орошения узкотраншейным способом. Автореф. дис. на соиск. уч. степени д. т. н. – Новочеркасск. 2004. 51с.
2. 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.
3. Полад-заде Р.П. Энергетические исследования рабочего органа узкотраншейного дреноукладчика. В кн. Перспективные способы и комплексы машин для строительства и эксплуатации мелиоративных систем. Труды ВНИИГиМ, том 77, М.: ВНИИГиМ, 1990, с 10...13.

УДК 682.18

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

В. М. Беляков

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

М. В. Беляков

МГГРУ, Москва, Россия

Основным источником сельскохозяйственного водоснабжения являются подземные воды. На них базируется 90% водопотребителей. Это обусловлено практически повсеместным залеганием подземных вод, неравномерностью размещения населенных пунктов на территории страны, сравнительно небольшими объемами суточного водопотребления и минимальными капитальными вложениями в строительство сооружений по улучшению качества воды.

Наиболее распространенным типом сельскохозяйственных систем водоснабжения являются локальные водопроводы, обеспечивающие питьевой водой отдельные поселки, фермы и объекты сельскохозяйственного производства. Основной элемент этой системы- водозаборные скважины.

Часть сельского населения в настоящее время использует грунтовые воды из колодцев и обустроенных родников, которые во многих случаях не отвечают гигиеническим требованиям, предъявляемым к питьевой воде, из-за её загрязнения химическими средствами защиты растений, стоками животноводческих ферм и др.

Использование подземных вод более глубокого залегающих водоносных горизонтов позволяет обеспечить сельское население качественной питьевой водой, а ресурсы подземных вод дают возможность полностью удовлетворить потребности села.

В связи с вышеизложенным во весь рост встает проблема необходимости соблюдения экологических требований при сооружении и эксплуатации систем водоснабжения. Строгое выполнение таких требований позволяет получить воду нужного качества (СП 2.1.5.1059-01) [1].

Санитарными правилами установлена обязательная экспертиза технологий, проектов строительства и реконструкции систем водоснабжения на базе подземных вод.

При выборе источников водоснабжения проект водозабора должен учитывать естественную защищенность подземных вод, избегать использования промывочных растворов, заражающих подземные воды, не допускать возможные перетоки воды между горизонтами и проникновения поверхностных вод в скважины за счет обвалования устьев скважин. Зоны санитарной охраны должны располагаться в местах недосягаемых поводками.

При эксплуатации скважин и водопроводов необходимо осуществлять постоянные наблюдения за составом воды, проводить геофизические исследования состояния конструкций скважин, производить профилактические работы по дезинфекции скважин и водоводов. Кроме того, при ликвидации скважин необходимым требованием является использование тампонажных материалов, позволяющих избегать бактериального и химического заражения подземных вод.

При выборе источника питьевого водоснабжения следует исходить из изученности геологических и гидрогеологических условий залегания подземных вод. При этом основное внимание должно быть сосредоточено на выявлении естественной защищенности подземных вод от загрязнения. Оно регламентируется ГОСТ 17.1.1.1.01-77.

Основными показателями при этом являются: глубина залегания подземных вод; проницаемость вышележащих пород, их мощность и сорбционные свойства; соотношение уровней верхнего и нижнего горизонтов. Региональную характеристику условий защищенности подземных вод производят на основании качественной оценки по обобщенным данным геологических условий. Конкретные характеристики защищенности территории Российской Федерации по горизонтам и комплексам были приведены в работе [2].

Основным экологическим требованием к системам сельскохозяйственного водоснабжения является недопустимость загрязнения подземных вод химическими материалами и заражения их бактериальными субстратами. Это может происходить при вскрытии водоносных горизонтов, эксплуатации скважин и ликвидационного тампонажа.

В настоящее время бурение производится вращательным способом с использованием в качестве промывочной жидкости различных реагентов. Их выбор производится в зависимости от характера буримых пород. Они не всегда отвечают санитарным требованиям. Поэтому каждый реагент должен иметь разрешение служб санитарного надзора на его применение.

Одновременно до вскрытия водосодержащих пород обсадные трубы должны иметь надежный затрубный тампонаж. Используемые в отечественной практике цементные оболочки при частых спусках насосов растрескиваются и образуют трещины. В зарубежной практике для затрубного тампонажа применяют утяжеленные баритом глинистые гранулы, которые засыпаются на всю глубину спуска обсадных труб и при соединении с водой разбухают и изолируют затрубное пространство, образуя эластичную оболочку.

Проникновение поверхностных загрязненных вод в водоносные горизонты приводит к весьма тяжелым последствиям. Так в работе [3] на основании длительных наблюдений приводятся данные о том, что “накопление в водоносном горизонте загрязняющих веществ и малой десорбируемости, а также при низких фильтрационных свойствах пород, время, необходимое для полного извлечения загрязнений, может колебаться десятки лет”.

Постоянные анализы химического состава воды дают возможность определить возникающие изменения качества отбираемой воды. Согласно СП периодичность производственного контроля должна обеспечивать информацию не реже 1 раза в месяц.

При длительной эксплуатации скважин в фильтрах и прифилтровом пространстве образуются зоны кольматации, состоящие из соединений железа, сульфатов и др. Это создает благоприятные условия для быстрого развития бактерий. Для устранения зон кольматации проводятся обработки их различными кислотами и реагентами, на что также должно быть выдано разрешение службами санитарно-эпидемиологического надзора.

Большую экологическую опасность вызывают скважины, вышедшие из строя или заброшенные. Они являются прямыми источниками загрязнений глубоководных водоносных горизонтов. Для их ликвидации разработаны и опробованы специальные рекомендации. Мероприятия для этого заключаются в чистке скважин, их дезинфекции, тампонировании фильтров фильтрующим материалом с цементированием верхней части скважин.

По окончании бурения скважины, место проведения работ должно быть рекультивировано с вывозом шлама и реагентов на полигоны захоронения отходов.

Таким образом, выбор защищенных горизонтов, создание надежных санитарных зон на водозаборах, соблюдение санитарных норм при сооружении и эксплуатации скважин, а также ликвидация старых скважин, позволят значительно улучшить экологическую обстановку для сохранения источников питьевой воды

## Литература

1. Санитарные правила «Гигиенические требования к охране подземных вод. СП 2.1.5.1059-01»
2. Беляков В.М. «Технологии, организация и экономика рационального водопользования» Москва, ВНИИГиМ, 2000г., 211с. Справочное пособие «Гигиена сельского водоснабжения» Алма-Ата «Кайнар», 1989г., 305с.

УДК 627.431

## **СТРОИТЕЛЬСТВО ВОДОНАПОРНОГО СООРУЖЕНИЯ В КАНЬОНАХ С БЕРЕГАМИ ИЗ ВОДОПРОНИЦАЕМЫХ И ВОДОУПОРНЫХ СЛОЕВ ГРУНТА**

Н.К.Голубев

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Строительство земляного водонапорного сооружения в глубоких каньонах связано с необходимостью получения устойчивых береговых откосов, сложенных из водопроницаемых слоев грунта, в связи с их размывом выклинивающимися фильтрационными потоками и последующим возможным обрушением тела плотины. Отсутствие берегового дренажа в верхнем бьефе также может способствовать разрушению береговых склонов верхнего бьефа при быстром снижении уровня воды в водохранилище в процессе водозабора или в результате аварийной ситуации при разрушении плотины.

Предлагаемый способ строительства водонапорного сооружения, в каньонах с берегами из водопроницаемых и водоупорных слоев грунта включает формирование тела сооружения с примыканием к берегам посредством их планировки по наклонным плоскостям, уполаживание прилегающих к сооружению берегов, устройство противофильтрационных элементов сооружения. При этом дренаж береговых склонов устраивается как в нижнем так и в верхнем бьефах. Уполаживание берегов каньона производится устройством террас в водоупорных слоях грунта верхнего и нижнего бьефов. По поверхности террас у подошвы откоса прокладываются открытые каналы, а вдоль продольной оси сооружения в верхнем и нижнем бьефах – коллекторы. При этом открытые каналы в верхнем бьефе сообщены с береговым дренажом, а в нижнем - с береговым дренажом и дренажом сооружения и соединены с коллекторами, которые имеют выход в каньон. Коллекторы прокладываются на таком расстоянии от сооружения, чтобы призма обрушения грунта откосов коллекторов с наиболее опасной поверхностью скольжения находилась за пределами тела сооружения.

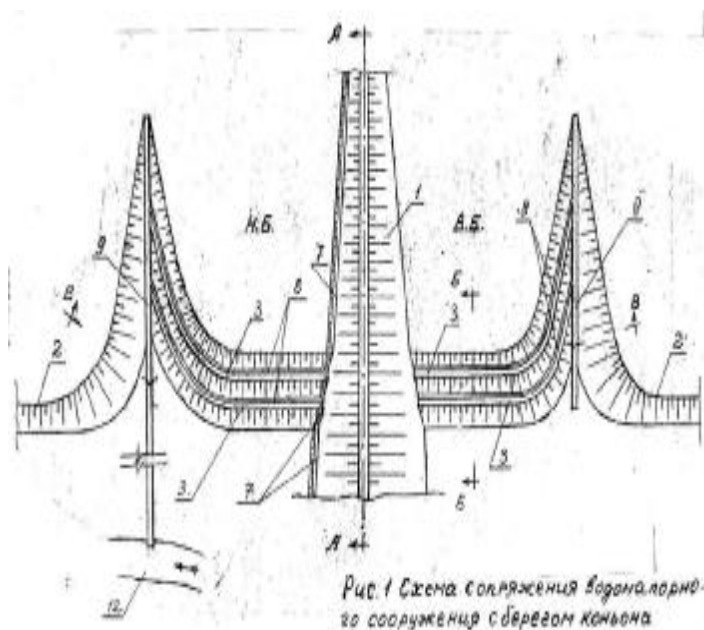
Сооружение берегового дренажа в верхнем бьефе предотвращает разрушение береговых склонов верхнего бьефа при быстром снижении уровня воды в

водохранилище, позволяет получить устойчивые береговые откосы в глубоких каньонах, включающих водопроницаемые слои грунта.

Прокладка по поверхности террас открытых каналов, сообщенных с коллекторами, обеспечивает отвод фильтрационного потока дренажа береговых склонов верхнего и нижнего бьефов за пределы сооружения.

Предлагаемый способ осуществляют следующим образом.

Формирование тела сооружения 1 (рис.1) с примыканием к берегам 2 каньона осуществляют, начиная с их предварительной планировки по наклонным плоскостям 13 (рис.2). Одновременно с формированием тела сооружения 1 производят уполаживание берегов каньона устройством террас 3 в водопорных слоях 4 грунта нижнего (НБ) и верхнего (ВБ) бьефов и возведение противофильтрационной преграды в теле сооружения 1 - ядра 14 с его врезкой 15 в основание сооружения (рис.3, 4). В водопроницаемых слоях 6 грунта береговых склонов ВБ и НБ устраивают дренаж 5 для отвода грунтовых вод (рис.3). В теле сооружения 1 также устраивают дренаж 7. По поверхности террас 3 у подошвы откоса прокладывают открытые каналы 8 (рис.1, 4). В ВБ эти каналы сообщены с береговым дренажом 5, а в НБ - с береговым дренажом 5 и дренажом 7 сооружения.



В ВБ и НБ вдоль продольной оси сооружения прокладывают коллекторы 9 на таком расстоянии от сооружения, чтобы призма обрушения грунта откосов коллекторов 9 с наиболее опасной поверхностью 10 скольжения находилась за пределами тела сооружения (рис.3).

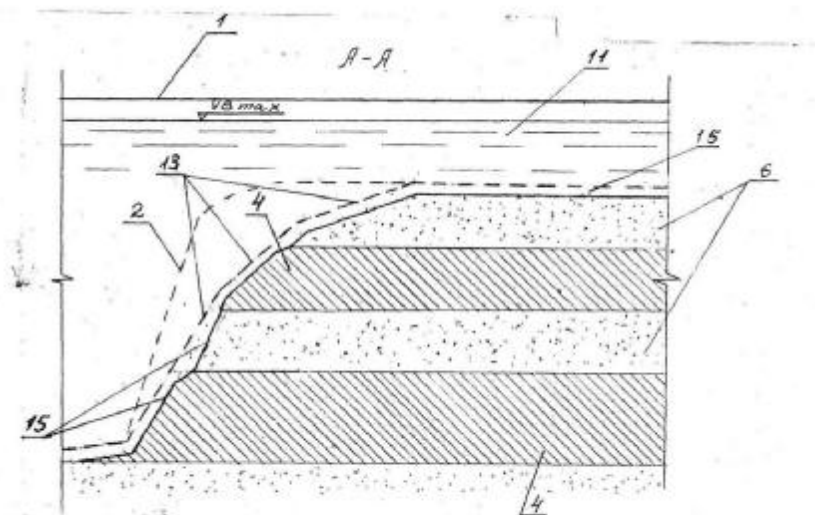


Рис. 2. Сечение А-А

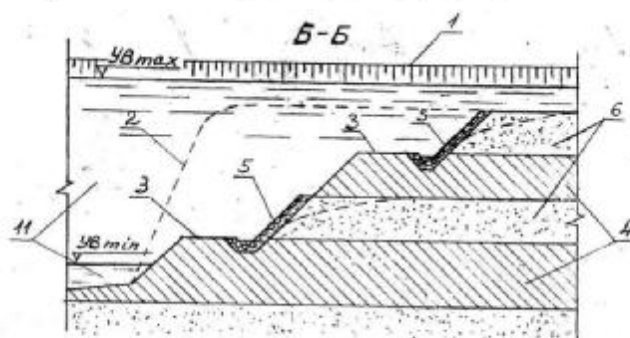


Рис. 3. Сечение Б-Б  
В-В

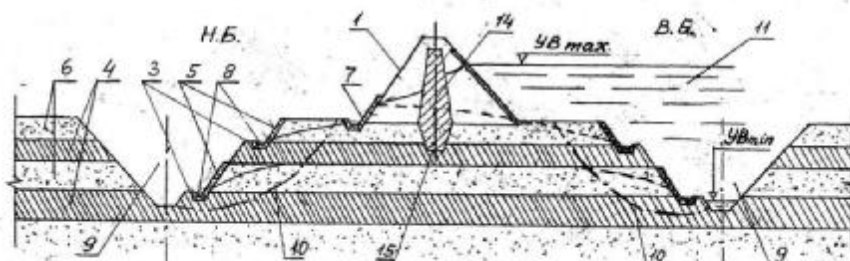


Рис. 4. Сечение В-В

УДК 624.132.3

## ПЛАНИРОВЩИКИ ПОЛЕЙ С ЛАЗЕРНОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

А.Н.Ефремов

ОАО Инженерный центр «Луч», г. Москва, Россия

Одним из важнейших мелиоративных требований к подготовке сельскохозяйственных полей является планировка поверхности земли. После проведения планировки на поле образуется выровненная поверхность, которая обеспечивает равномерное увлажнение почвы, создает наилучшие условия для посева и выращивания растений и уборки урожая. Планировка нужна практически на



всех землях и, в первую очередь, на землях, орошаемых поверхностным поливом или дождеванием. Качественно спланированная поверхность земли обеспечивает повышение урожайности сельскохозяйственных культур, на орошаемых землях дополнительно достигается экономия воды.

Основной машиной при проведении доводочной (чистовой) и эксплуатационной планировки полей являются планировщики, которые подразделяются на длиннобазовые и короткобазовые. Среди прицепных длиннобазовых планировщиков наиболее известны модели П-2.8, П-4.0, ДЗ-719, ДЗ-602А агрегируемые с различными тракторами ДТ-75, Т-150, К-701. Длиннобазовые планировщики не имеют системы управления. Степень выравнивания поверхности земли этими машинами зависит от их планирующих свойств, определяемых длиной базы планировщика и объемом призмы волочения грунта в бездонном ковше. После проходов длиннобазового планировщика образуется выровненная поверхность земли близкая к естественному микрорельефу местности. Поэтому они используются в основном для эксплуатационной или доводочной планировки.

Короткобазовые полуприцепные планировщики ДЗ-601, ДЗ-603, ПЛ - 5, ПАУ-1 ПАУ-2, ПК-1, оснащенные лазерной системой управления, обеспечивают выравнивание поверхности земли под плоскость с наибольшей точностью ( $\pm 2-3$  см). Их эффективность работы, как и длиннобазовых планировщиков, достигается на предварительно вспаханных и разрыхленных грунтах. Основные преимущества полуприцепных короткобазовых автоматизированных планировщиков: высокая точность планировки; короткая база, которая повышает маневренность и проходимость машин, уменьшает радиус поворота и увеличивает площадь захвата планировки в ее углах; малая металлоемкость и меньшая стоимость конструкции; экономия горюче-смазочных материалов, увеличение производительности и уменьшение удельного давления на грунт; универсальность применения с возможностью агрегатирования различными тракторами; снижение утомляемости машиниста при работе в автоматическом режиме управления.

Автоматизированные короткобазовые планировщики с бездонным ковшом осуществляют доводочную или эксплуатационную планировку под проектную плоскость путем срезки грунта с повышений и засыпки понижений грунтом, образующимся в призме волочения. Автоматизированный короткобазовый клин-планировщик ПК-1 предназначен для срезки грунта с повышений под проектную плоскость и образования по краям клиновидного отвала земляных валиков, которые затем собираются и развозятся в понижения скреперами [1]. Известны также другие типы клин-планировщиков (КПУ-4,5), сконструированных на базе длиннобазовых планировщиков. Короткобазовые планировщики с бездонным ковшом могут также успешно применяться на капитальной планировке в режиме опорожнения ковша при его полной загрузке, после чего на поле остаются кучи срезанного грунта, которые затем развозятся скреперами. Окончательная планировка осуществляется планировщиками [2].

Упомянутые и другие модели всех длиннобазовых планировщиков и короткобазовые планировщики ДЗ-601, ДЗ-603 и ПЛ-5 сняты с производства, но

продолжают использоваться в хозяйствах в настоящее время. Выпуск новых короткобазовых планировщиков (ПК-1, ПАУ-1, ПАУ-2), разработанных Инженерным центром «Луч», освоен заводом-изготовителем ЯП-17/2 Ставропольского края, который изготавливает их по заказам хозяйств.

Планировщик ПАУ-1 состоит из следующих основных узлов: бездонного ковша и несущей рамы, на которой закреплены ковш и задний мост на пневмоколесном ходу. Ковш имеет вставные секции, с помощью которых изменяется ширина ковша. В передней части рамы установлены сцепное устройство с трактором и домкрат, служащий опорой рамы при ее отсоединении от трактора. Глубина копания ковша регулируется двумя гидроцилиндрами, которые управляются при помощи гидроблока по командам лазерного приемника, закрепленного на телескопической стойке, и пульта управления, устанавливаемого в кабине трактора. В транспортном положении гидроцилиндры запираются упорами. Лестница, расположенная сверху рамы, служит для удобства установки приемника на проектную высоту.

Планировщик ПАУ-2 состоит из бездонного ковша и несущей продольной рамы, на которой закреплены ковш и задний мост на пневмоколесном ходу. Ковш имеет снизу переднее режущее лезвие (рыхлитель), которое осуществляет подрезание и рыхление грунта, и заднее режущее лезвие, закрепленное снизу задней стенки ковша. Глубина резания ковша регулируется одним гидроцилиндром.

Клин-планировщик ПК-1 имеет клиновидный отвал и несущую раму, на которой закреплены отвал и задний мост на пневмоколесном ходу. С помощью уширителей изменяется ширина захвата отвала. Отвал пригружается балластом, устанавливаемым на раме. Глубина копания отвала регулируется двумя гидроцилиндрами. По аналогии с планировщиком ПАУ-1 планировщики ПАУ-2 и ПК-1 имеют также сцепное устройство, домкрат, лестницу, телескопическую стойку, гидроблок и лазерноприемную аппаратуру (приемник и пульт управления).

Лазерная система автоматического управления (САУ-1) высотным положением ковша (отвала) планировщика состоит из передвижного поста 1; лазерного передатчика 2, формирующего лазерную круговую опорную плоскость 3 с проектным уклоном; лазерноприемной аппаратуры (приемник 4 и пульт управления 5), вырабатывающей электрические сигналы управления высотным положением приемника относительно лазерной плоскости; гидроблока 6, преобразующего сигналы управления в команды управления исполнительным органом машины, в качестве которого служит ее гидравлическая система, осуществляемая при помощи силовых гидроцилиндров 8 подъем или опускание рабочего органа 7 с установленным на нем приемником (рис.1). При работе приемник жестко закрепляется над режущей кромкой ковша на проектной высоте.

Технические характеристики короткобазовых планировщиков с лазерной системой управления

№ п/п	Наименование характеристик	Един. измер.	Модель планировщика		
			ПК-1	ПАУ-1	ПАУ-2
1.	Базовый трактор	Класс тс	6 - 10	3 - 10	10
2.	Навеска	тип	Полуприцепной		
3.	Ковш	тип	клиновидный	бездонный	
4.	Длина базы в рабочем положении	м	5,9	5,29	6,25
5.	Ширина ковша	м	3,1; 4,1	2,4; 3,6; 4,8	4.2
6.	Колеса	тип	пневматические		
7.	Давление в шинах колес	мПа	0.2		
8.	Рабочие скорости	км/ч	4 – 7		
9.	Транспортные скорости: - грунтовые дороги -асфальтированные дороги	км/ч	до 15  до 35		
10.	Толщина срезки	см	до 10	до 7	до 10
11.	Масса	кг	3000	2910	3200
12.	Клиренс	см	35	45	36
13.	Габариты: - в рабочем положении - в транспортном положении	см	640x415x270 624x315x245	560x494x290 558x494x165	675x438x195 650x438x240
14.	Система управления	тип	ручной и автоматический с лазерной системой управления		
15.	Точность планировки	см	±3		
16.	Обслуживающий персонал	чел	один		

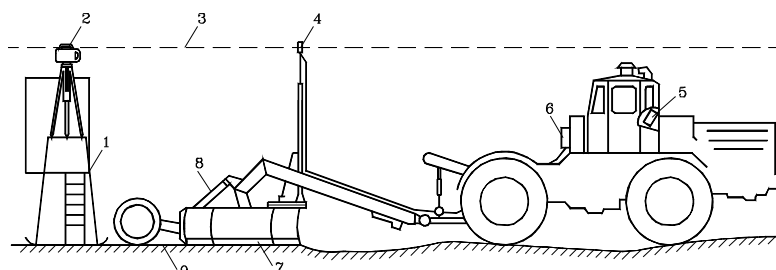


Рис.1. Схема планировщика с лазерной системой автоматического управления (САУ-1).

Типовая система САУ-1 состоит из следующих элементов: лазерный передатчик (луч) – приемник – пульт управления (усилитель) – гидроблок (преоб-

разователь) – исполнительный орган (гидроцилиндр) – рабочий орган машины. Задача управления заключается в том, чтобы обеспечить формирование рабочим органом проектной поверхности земли с уклоном, параллельным заданному уклону лазерной опорной плоскости. Принцип действия САУ-1 заключается в следующем. Когда лазерное излучение находится на оптическом центре приемника лазерноприемная аппаратура формирует в пределах зоны нечувствительности команду "норма" и сигнал рассогласования равен нулю. При этом рабочий орган планировщика, удерживаемый исполнительным органом в неподвижном положении, формирует поверхность с проектным уклоном  $\theta$ . В случае наезда планировщика на повышение (понижение) приемник смещается вверх (вниз) относительно лазерной опорной плоскости и при прохождении зоны нечувствительности возникает рассогласование, когда рабочий орган отклоняется от проектной глубины, а лазерноприемная аппаратура и гидроблок формируют команду "вверх" или "вниз". При этом происходит включение исполнительного органа на "подъем" или "опускание" рабочего органа вместе с приемником и устранение возникшего рассогласования до момента попадания лазерного луча на центр приемника, когда снова вырабатывается команда "норма" и отключается работа исполнительного органа.

Инженерным центром «Луч» разработан также принципиально новый нивелир-планировщик НП-1, предназначенный для предварительной съемки поверхности рисового чека и проведения эксплуатационной планировки под проектную плоскость. Такая планировка должна выполняться ежегодно, начиная со второго года после проведения капитальной планировки. Нивелир-планировщик имеет базовую модель планировщика ПАУ-2. В отличие от последнего, на нивелир-планировщике НП-1 вместо телескопической стойки устанавливается автонивелир АН-2, который осуществляет вертикальную съемку поверхности земли и оперативное определение отметки проектной поверхности. Автонивелир состоит из приемника, электромачты, на верхнем конце штока которой устанавливается приемник, датчика пути, закрепляемого на кронштейне сбоку колеса машины, и контроллера, расположенного в кабине трактора [3].

Автонивелир представляет собой также типовую следящую систему автоматического управления (САУ-2) с отрицательной обратной связью, состоящую из цепи взаимосвязанных между собой следующих элементов: передатчик (луч) – приемник – усилитель (контроллер) – исполнительный орган (электромачта) и характеризуется тем, что возникающая ошибка (рассогласование) устраняется исполнительным органом – электромачтой, управляемой контроллером. В процессе движения все перемещения штока электромачты, равные высотным отметкам нивелирования, автоматически записываются и хранятся в памяти контроллера, куда одновременно передаются и записываются сигналы от датчика пути. Съемка ведется по диагоналям чека. По окончании съемки приемник при помощи контроллера и электромачты устанавливается на проектную отметку, после чего нивелир-планировщик работает в режиме планировки по командам САУ-1, где функцию пульта управления выполняет контроллер [4].

## Литература

1. А.Н.Ефремов и др. Патент на изобретение № 2131664 Способ планировки орошаемых земель и устройство для планировки орошаемых земель, Бюл. № 17, 1999.
2. А.Н.Ефремов и др. Патент на изобретение № 2229216 Способ планировки орошаемых земель, Бюл. № 15, 2004.
3. А.Н.Ефремов и др. Патент на изобретение № 2227898 Лазерный профилограф, Бюл. № 12, 2004.
4. А.Н.Ефремов и др. Патент на изобретение № 2240681 Способ планировки орошаемых земель и устройство для планировки орошаемых земель, Бюл. № 22, 2004.

УДК 626.8:624.071

## **ЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ АРМИРОВАННОГО ГРУНТА**

Т.П. Кашарина, В.Н. Гудков  
ФГОУ ВПО НГМА, Новочеркасск, Россия

В последнее время в России и во всем мире все чаще стоит вопрос о нарушении жизнедеятельности населения и ущербе от чрезвычайных ситуаций, в том числе от паводков, наводнений, загрязнения экосистем твердыми и жидкими отходами агропромышленного комплекса.

Исследования, проведенные Международным Комитетом по изучению разрушений гидротехнических сооружений, выявили наиболее частые повреждения плотин и защитных дамб. Основными причинами данных разрушений является старение сооружений, повреждение оснований, суффозия, фильтрация, перелив через гребень и др. Не менее опасны различные типы накопителей твердых и жидких отходов, которые являются загрязнителями водных бассейнов и угрожают жизнедеятельности населения.

Для решения этих проблем нами разрабатываются конструкции защитных дамб с применением армированного грунта, в том числе из грунтонаполняемых оболочек (рис. 1).

Французским ученым Генри Видалем был разработан способ строительства “армированный грунт”. Этот способ отличается тем, что на лицевую стенку не воздействует полное давление грунта, а передается с помощью сил трения на анкерные полосы в активной зоне скольжения, что аналогично напряжениям сцепления в железобетоне.

Многочисленные теоретические и экспериментальные исследования, проведенные зарубежными и отечественными учеными: Шлоссером, Могилков Христо, К.Л. Ли, Лонгом, Хаусманом, Волосухиным В.А., Хуберьяном К.М., Кисилевым В.А., Ягофаровым Х., Кагановым И.М., Евдокимовой, Шералиевым Н.И., Шрестхом С.Д. и др., показывают его перспективность, экономическую и экологическую целесообразность применения.

Исследования грунтоармированных конструкций из композитных материалов будут проводиться в грунтовых лотках с соблюдением соотношения подобия между характеристиками грунта и гибкой арматурой. Геометрический масштаб  $a_L$  принимается для вертикального и горизонтального расстояния

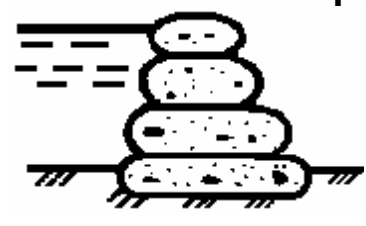
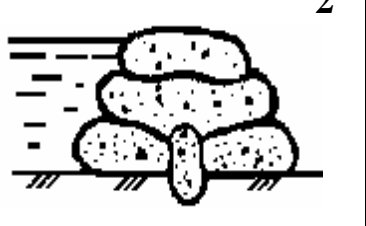
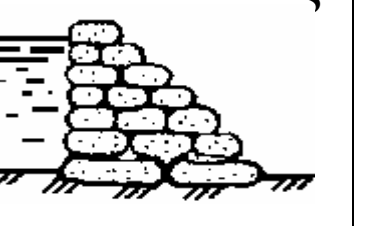





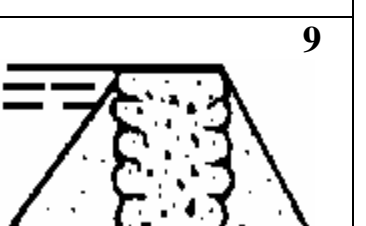
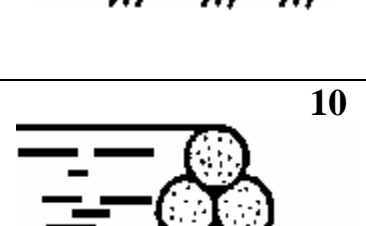
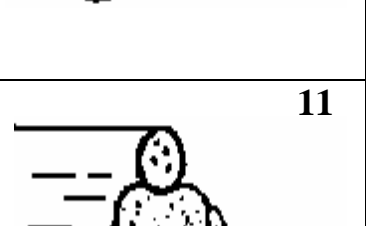
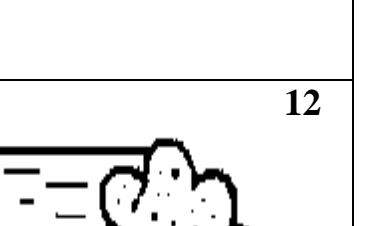
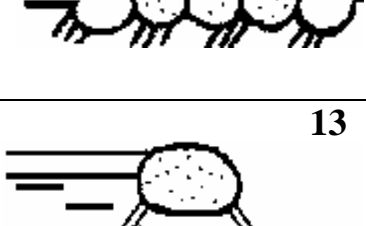

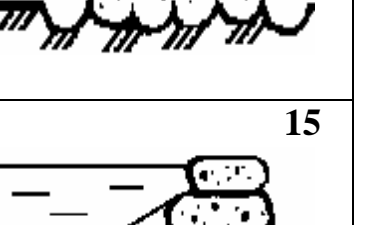
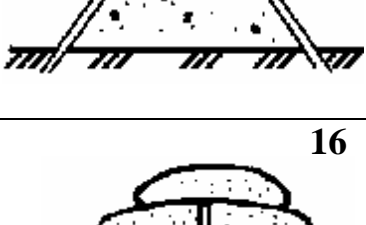
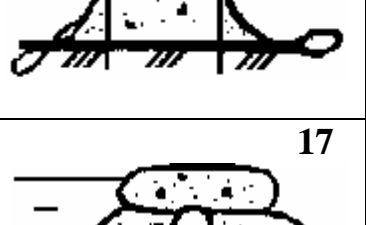

НАПОЛНЯЕМЫЕ	1		2		3	
	4		5		6	
	7		8		9	
КОМБИНИРОВАННЫЕ	10		11		12	
	13		14		15	
	16		17		18	

Рис. 1. Классификация защитных сооружений с применением армированного грунта и композитных материалов

между одиночной арматурой  $\frac{H_n}{H_m} = \frac{t_n}{t_m} = \frac{b_{a,n}}{b_{a,m}} = \frac{L_n}{L_m} = \frac{\Delta t_n}{\Delta t_m} = a_L$ , где  $H_n, H_m, t_n, t_m$  – линейные размеры армированного грунта;  $b_{a,n}, b_{a,m}, L_n, L_m, \Delta t_n, \Delta t_m$  – соответственно ширина, длина и толщина гибкой арматуры и модели.

В качестве заполнителя будет применяться сухой (влажный) песок ( $\gamma=17,8 \frac{H}{M^3}$ ). Материал для моделей будет ортотропный, имеющий следующие показатели анизотропии  $C = \frac{E_0}{E_y}$ , где  $E_0, E_y$  – модули упругости основы и утка.

Для натуре и модели будут использоваться следующие критерии подобия:

$\frac{g_{n,гр.}}{g_{m,гр.}} = a_{g,гр.}; \frac{g_{n,a}}{g_{m,a}} = a_{g,a}; j_{n,гр.} = j_{m,гр.}; c_{m,гр.} = c_{m,гр.}$ , где  $\gamma_{n,гр.}; g_{m,гр.}$  – удельный вес заполнителя натуре и модели  $j_{n,гр.}; j_{m,гр.}; c_{m,гр.}; c_{m,гр.}$  – соответственно угол внутреннего трения и сцепления грунтов натуре и модели.

Теоретические исследования будут направлены на определение рациональной формы оболочек, обеспечивающих экономию материалов. Изучением определения рациональных форм оболочек занимались Женева Л., Руднев В.И., Белов А.В., Шьедта Р., Кузнецов Е.С., Киселев В.А., Хуберян К.М., Волосухин В.А. и др.

Для расчета интенсивности вертикального и горизонтального давления на цилиндрическую оболочку будут использованы следующие зависимости:  $q_y = g_r b h_c; q_x = m g_r b h_c; m = tg^2(45^\circ - \frac{b}{2})$ , где  $q_y, q_x$  – интенсивность вертикального и горизонтального давления засыпки, соответственно;  $g_r$  – объемный вес засыпки;  $b$  – размер выделенного для расчета звена конструкции, измеряемый по образующей (обычно принимается равный единице);  $h_c$  – высота столба засыпки в рассматриваемой точке поверхности конструкции;  $b$  – угол естественного откоса засыпки (угол внутреннего трения; для идеально сыпучей среды эти углы совпадают).

#### Литература

1. Кашарина Т.П. Совершенствование конструкций, методов научного обоснования, проектирования и технологии возведения обдегченных гидротехнических сооружений. Автореф. дисс. на соис. учен. степ. докт. техн. наук. –М.: Изд-во ООО «Эдель – М», 2000.– 57 с.
2. Волосухин В.А., Свистунов Ю. А. Основы расчета тканевых оболочек гидротехнических сооружений. Учебное пособие. – Краснодар, 1994. – 104 с.
3. Хуберян К.М. Рациональные формы трубопроводов, резервуаров и напорных перекрытий. – М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1956. – 256 с.
4. Гудков В.Н. Решение проблем захоронения твердых бытовых отходов. // Проблемы создания устойчивых природных ландшафтов России: (Материалы науч. – практ. конф. студ. и молодых ученых. Вып. 2) – Новочеркасск, 2004. - С. 93 - 101.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕСТРАНШЕЙНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ГЛУБОКОГО ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА НА ДЕГРАДИРОВАННЫХ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ С ВЫСОКИМ УРОВНЕМ ГРУНТОВЫХ ВОД**

А.А. Левчиков

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Технология строительства дренажа на орошаемых землях, на которых уровень грунтовых вод (УГВ) может быть расположен выше линии дренажной системы не более чем 0,5 метра, достаточно отработана. Вопросами строительства дренажа в таких условиях занимались проф. д.т.н. Томин Е.Д., д.т.н. Духовный В.А. к.т.н. Шапочкин А.Я. и др. Было доказано, что в таких условиях можно было укладывать дренажные трубы бестраншейным способом с применением дреноукладчика типа БДМ-301А. Однако по мере эксплуатации дреноукладчиков этого типа было установлено, что такая технология укладки дренажа при высокой производительности процесса укладки дренажных пластмассовых, гофрированных труб обладает следующими недостатками:

- необходимое тяговое усилие при прокладке дренажа, при производительности (технической) до 1000 м/ч и глубине укладки труб диаметром до 70 мм с круговой обсыпкой песчано-гравийной смесью, составляло более 750 кН, что вызывало необходимость иметь в сцепке с машиной более 2-3 тракторов класса тяги 25 т.с. (Е.Д.Томин,1981);

- необходимость применения песчано-гравийного фильтра снижала производительность дреноукладчика в 2 раза, уменьшала время наработки на технический отказ почти вдвое и ухудшала качество прокладки дренажной линии за счет проседания дренажной линии при разгрузке автосамосвалов;

- образование уплотненного грунта перед лобовой поверхностью ножа в зоне уплотнения по глубине, вызывает уплотнение грунта дна и боковых стенок щели, значительно уменьшая коэффициент фильтрации грунта и снижая эффективность работы дренажа;

- невозможность автоматизировать процесс выдерживания уклона при укладке дренажа заставляет строить по трассе дрены «корыто», при этом влажность грунта имеет решающее значение при определении глубины «корыта» и следовательно ограничивает область применения этой технологии.

Однако, в связи с деградацией орошаемых земель из-за подъема уровня грунтовых вод, остро встает вопрос разработки такой технологии строительства дренажа, которую можно было бы применить в самых тяжелых случаях подтопления орошаемых земель, технологию, которая работала бы по принципу «чем хуже условия, тем выше эффективность». При этом, по нашему мнению, в новой технологии должны быть задействованы элементы технологии бестраншейной укладки дренажа, как обладающие, в потенци, высокой эффективностью.



На первом этапе разработки такой технологии основным препятствием служил целиковый грунт, в котором было необходимо проложить дренаж. Общая теория строительства дренажа гласила, что грунт при укладке дренажной трубы, должен иметь влажность, при которой экскаваторы дреноукладчики могли нормально работать. Однако установлено, что повышение влажности разрабатываемого грунта вызывает перебои процесса разгрузки грунта из ковшей экскаватора (Е.Д.Томин,1981). Поэтому за основу новой технологии было принято положение о необходимой подготовке грунта, в котором предполагалось совершать протаскивание бункера- укладчика бестраншейным способом. Обязательным условием было то, что для уменьшения экологического воздействия на почву, подготовленный грунт должен занимать минимально необходимый, для протаскивания пассивного рабочего органа, объём, а грунт в этом объёме должен иметь максимально возможную влажность.

Эти разработки были проверены в 1988 году в Голодной степи УзССР на экспериментальном дреноукладчике «АРАЛ». Установлено, что тяговое усилие на протаскивание бункера-укладчика в подготовленном грунте с шириной полосы 40 см и глубиной 3,5 метра составило 7,0 кН при влажности разрыхленного грунта 57% и более.

Долгое время разработка и совершенствование технологии строительства коллекторно-дренажной сети на орошаемых землях с высоким УГВ не получала своего развития из-за отсутствия дренажных труб диаметром 100 – 300 мм, обладающих достаточно большими водоприемными свойствами, и главное, способными работать без обсыпки песчано-гравийным фильтром (Л.В. Кирейчева, 1999). После разработки конструкции дренажной трубы (патент РФ №2218460), способной иметь практически любую конфигурацию, любые размеры и при этом сохранять максимальную водоприёмную способность и потенциальную возможность выводить орошаемые земли из состояния деградации при любом УГВ, технология укладки дренажных труб бестраншейным способом с применением дреноукладчика типа «АРАЛ» стала способна найти широкое применение в мелиоративном строительстве. При этом чрезвычайно важно, что бестраншейная технология строительства дренажа предполагает её применение по факту подъёма УГВ, когда сельскохозяйственное производство на этих орошаемых землях становится нерентабельным. А понижение УГВ при эффективной работе уложенного дренажа будет происходить сразу же после укладки, которая может осуществляться и на засеянном поле.

В 2005 году намечено провести испытания дреноукладчика ДУ-4003 типа «АРАЛ». При этом предполагается, что при испытаниях будут исследованы вопросы подготовки грунта для протаскивания укладчика труб, а также вопросы ускоренного отвода воды из корнеобитаемого слоя орошаемых земель для последующей оптимизации технологического процесса.

В результате совершенствования конструкции бестраншейного дреноукладчика ДУ-4003, технология бестраншейной укладки закрытого глубокого дренажа с использованием конструкции труб по патенту РФ № 2218460 позволит:

- производить укладку коллекторно-дренажной сети (КДС) на глубину до 4 метров без обсыпки ПГС;

- повысить производительность строительства КДС за счет сокращения простоев дреноукладчика по причине выхода из строя активного рабочего органа (в сухих грунтах активный рабочий орган выходит из строя через 15-17 км работы) и простоев по причине отсутствия ПГС;

- в связи с тем, что дреноукладчик работает с автоматической системой выдерживания уклона, нет необходимости проводить точную планировку по трассе дрены и, следовательно, учитывая небольшую ширину отвода земли по трассе укладки дрены, дреноукладчик может работать по засеянному полю.

Применение усовершенствованной бестраншейной технологии строительства дренажа на орошаемых землях с использованием дренажных труб с высокой водоприёмной способностью позволит повысить производительность дреноукладчика при прокладке дренажа и снизить стоимость капиталовложений при строительстве, тем самым, решив вопрос реконструкции деградированных орошаемых земель России.

УДК 631.6+626.8 (0.31)

## **КАКАЯ ТЕХНИКА НУЖНА ДЛЯ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ РОССИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ**

З.М.Маммаев

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В связи с глубокими структурными изменениями, вызванными переходом экономики на рыночные отношения, мелиоративное машиностроение в последние 10...15 лет, впрочем как и вся отрасль сельскохозяйственного машиностроения, находится в глубоком спаде.

Если на общестроительную технику еще сохраняется определенный спрос, то практически полностью прекращен выпуск специальной мелиоративной техники из-за отсутствия платежеспособного спроса. К специальной мелиоративной технике относятся:

- плужные, плужно-роторные, роторные, фрезерные каналокопатели и экскаваторы-каналокопатели, отрывающие за один проход полное сечение каналов глубиной до 2 м с укладкой грунта на бермы канала;

- дреноукладчики траншейные с ковшовыми, скребковыми рабочими органами и бестраншейные дреноукладчики, укладывающие закрытую коллекторно-дренажную сеть на глубину до 2 и 4 м;

- машины для строительства закрытых оросительных трубопроводов;

- техника для сооружения временной поливной сети;

- машины для крепления каналов и других ГТС;

- машины для производства культуртехнических работ (уборка кустарника, камней, уничтожение кочек);

- машины и орудия для первичной и глубокой эксплуатационной обработки мелиорируемых земель;

- планировщики, выравнители;
- машины и оборудование для улучшения мелиоративного состояния земель;
- машины для ремонтно-эксплуатационных работ на гидромелиоративных сооружениях (каналоочистители, мелиоративные косилки, дренапромывочное оборудование, средства гидромеханизации).

Анализ состояния и ближайших перспектив использования мелиорируемого сектора растениеводства в сельском хозяйстве и самих мелиоративных систем показывает, что основными приоритетными видами работ в период до 2015 г. являются:

- ремонтно-эксплуатационные работы, включающие наряду с открытой и закрытой мелиоративной сетью, очистку и ремонт ГТС на системах, аванкамер водозаборных сооружений и отстойников, в т.ч. и средствами гидромеханизации, регулирование рек-водоприемников, естественных и искусственных небольших водохранилищ;
- культуртехнические работы, включая мероприятия по улучшению мелиоративного состояния земель;
- ремонт и восстановление водоводов на оросительных системах;
- срочное строительство закрытого дренажа на 20% эксплуатируемых орошаемых земель;
- укладка выборочного реанимационного дренажа на вторично заболачиваемых участках гумидной зоны страны.

А какова ситуация с обеспеченностью указанных работ техникой?

Все акционированные и коллективные сельскохозяйственные предприятия работают с остатками техники с конца 80-х и начала 90-х годов. В начале 90-х годов основная часть заводов, производящих мелиоративную технику, отошла к странам СНГ, а на тех заводах, которые остались в России, прекращен выпуск специальной мелиоративной техники. В России не производятся дренаукладчики для аридной и гумидной зон, культуртехнические машины, большая часть техники по номенклатуре для ремонтно-эксплуатационных работ и т.д.

С одной стороны, сложившееся положение обусловлено отсутствием финансирования мелиоративной техники со стороны государства, понятно, что оно уходит от финансирования производства. Однако, с другой стороны, для финансирования необходимой техники по регионам у большинства субъектов Федерации и у самих сельскохозяйственных предприятий также нет денег. А те, у кого есть финансовые возможности, а таких очень немного, ориентируются на использование зарубежной техники.

У тенденции приобретения зарубежной техники есть серьезная негативная сторона, заключающаяся в том, что импортная техника в 5...7 раз дороже отечественной. Кроме того, неизбежна сервисная зависимость, возникающая при ее эксплуатации, которая приводит к росту общих затрат и стоимости получаемой продукции, т.к. необходимо постоянно приобретать запчасти и получать другие услуги за рубежом.

Альтернативой импорту может и должен стать путь создания на начальном этапе отечественных образцов собственными силами, а затем по мере развития

производства выход на широкое международное сотрудничество с зарубежными фирмами, в частности, возможно с Германией, на основе кооперации.

Срочность проведения первоочередных работ по реанимации парка мелиоративной техники диктуется тревожным состоянием использования мелиорируемых земель и техническим состоянием мелиоративных систем.

Так, более 20% орошаемых земель нуждаются в срочном дренировании, т.к. уровень засоленности почв на них достигает высокой степени.

В осушаемом земледелии не используется в сельском хозяйстве по официальным данным 10% площади земель, хотя доля неиспользуемых земель может достигать фактически 15...20%. На осушаемой площади нуждается в реконструкции и восстановлении около 960 тыс.га. В мелиоративном улучшении нуждается 575 тыс.га осушенных земель. Неудовлетворительное мелиоративное состояние характерно для 1289,4 тыс.га орошаемых земель, что, естественно, приводит к снижению урожайности культур.

В проведении культуртехнических мероприятий нуждается (устранение вторичного зарастания, уборка мелких и средних камней, уничтожение кочек на лугах, поверхностное и коренное улучшение лугов и т.д.) на 746 тыс.га.

Особо следует остановиться на ремонтно-эксплуатационных работах, которые направлены на восстановление проектных параметров открытых и закрытых осушительных и оросительных систем и реанимацию их функциональных возможностей.

В зоне осушаемого земледелия в срочном проведении ремонтно-эксплуатационных работ нуждаются 502,3 тыс.га земель, хотя реальное состояние каналов и дренажных систем свидетельствует о том, что эта цифра может оказаться гораздо выше. В настоящее время в эксплуатации находятся 323 тыс.км осушительных и оросительных каналов.

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию новых или реанимации старых машин на новой основе должны базироваться на следующих принципиальных положениях:

- машины должны в максимальной степени иметь шлейф активных рабочих органов, которые позволяют выполнять практически все мелиоративные работы с высоким качеством;

- при компоновке агрегатов необходимо в максимальной степени применять модульный принцип, что удешевляет сборку и ремонт и снижает стоимость работ;

- в качестве энергетической базы следует применять колесные тракторы, а там, где возможно применять только отечественные тракторы Липецкого, Владимирского, Алтайского, Волгоградского заводов, т.к. их мобильность позволяет снижать затраты по переброске машины с объекта на объект, а также повысить производительность техники за счет снижения времени на внутриобъектные переезды, создавать машины в 5...10 раз дешевле импортных и способствовать загрузке упомянутых заводов;

- такие машины как каналоочистители, машины для улучшения лугов и пастбищ и т.д. должны иметь возможность агрегатироваться со шлейфом рабочих

органов, способных выполнять весь комплекс данного вида работ с помощью сменных рабочих органов.

В 2003 году разработана Система машин для комплексной механизации мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве до 2010 г., которая призвана стать руководящим документом в восстановлении и развитии строительного, дорожного и мелиоративного машиностроения. Они насчитывают 450 наименований машин и оборудования по всей номенклатуре работ в мелиорации земель и водном хозяйстве, включая энергетические и транспортные средства. Система включает 119 наименований новых машин, которые предстоит создавать и которые должны служить прорывной группой в повышении производительности труда, качества работ и улучшении условий труда, экологических последствий.

Однако, совершенно очевидно, во-первых, что к 2010 г. эта задача не может быть решена, т.к. само сельское хозяйство медленно выходит из кризиса, во-вторых, нет реальной общероссийской программы восстановления производства мелиоративных машин, обеспеченной финансированием.

Отсутствие в производстве дренажных машин, каналоочистителей, рыхлителей, ряда культуртехнических машин для удаления кустарника, средних и мелких камней, уничтожения кочек создают условия для повторного заболачивания, зарастания кустарником, покрытия кочками. Это способствует катастрофической деградации мелиорируемых земель, ускорению их выпадения из сельскохозяйственного использования.

Одним из путей выхода из сложившейся ситуации является разработка перечня первоочередных машин и оборудования, необходимых для выполнения работ по реанимации мелиорируемых земель как в аридной, так и в гумидной зонах и разработке ТЭО по машинам, включенным в перечень для дальнейшей реализации.

Далее было бы целесообразно под ТЭО разработать под эгидой МСХ РФ и РАСХН отраслевую программу воссоздания мелиоративной техники с указанием объемов финансирования, сроков выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на уровень 2015 г.

Ниже приводится регистр зональных технических средств, которые, на наш взгляд, необходимо срочно разработать и по результатам испытаний выдать рекомендации к производству (таблица 1).

Опыт прошедших лет показывает, что внедрение новой техники в рыночных условиях представляет достаточно серьезную проблему. Для того, чтобы двинуть новую технику на рынок нужны не только финансы, но и маркетинговая и сервисная службы. Однако, в настоящее время ни организационно-финансовой, ни технической базы для этого нет. Таким образом, отечественная техника развивается достаточно вяло и не доходит до потребителя.

В связи с этим, нам представляется необходимым также ускорить практическую проработку вопросов по организации сети и машинно-технологических станций в основных зонах страны, где мелиорация поддерживается и существуют машинно-испытательные станции. Машинно-технологические станции, на контрактной основе могли бы оказывать сельхозпредприятиям сервисные услуги по выполнению строительных, эксплуатационных работ, а также агро-мелиоративное и агротехническое оборудование.

Таблица 1. Регистр зональных технологий и технических средств для Нечерноземной зоны Европейской части России для выполнения мелиоративных работ в АПК на 2015 г.

№ п/п	Наименование машины	Марка машины	Конструктивная особенность	Основные параметры			Перечень выполняемых операций
				База, кВт	Ширина захвата, глубина обработки, м	Производительность	
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>1. Машины для строительства и восстановления картовых каналов на рисовых чеках</b>							
1.	Плужно-роторный	МК-17	Активный ротор и пассивный отвал навесные	Тр-р кл.3	Глубина копания 0,5 м	220 м <sup>3</sup> /ч	Рытье сечения канала и разравнивание грунта со стороны чека
<b>2. Ремонтно-эксплуатационные работы</b>							
1.	Каналоочиститель	Типа МР-19 (новый)	Набор сменных органов в количестве 13 шт.	Тр-р кл. 1,4	Ширина по дну 0,6 м	35 м/ч	Очистка откосов укрепленных и неукрепленных каналов от наносов и растительности
2.	Машина дренапро-мывочная	Типа ДМ-250, ДМВ (новая)	прицепная	Тр-р кл. 1,4; 3,0	Диаметр промываемых труб 50...250 мм	До 200 м/ч	Аэровакуумная очистка дрена, коллекторов, колодцев
<b>3. Дренажные машины и оборудование</b>							
1.	Дреноукладчик универсальный для зоны осушения	ЭТЦ-2012 (новый)	Цепной рабочий орган	собственная гусеничная база 90 кВт	Ширина траншеи 0,5; 0,25 м. Глубина укладки дрена до 2,0 м		Укладка керамических, пластмассовых труб диаметром 50, 63...125 мм в грунтах I-III категории с одновременной подачей ЗФМ
2.	Дреноукладчик узкотраншейный для зоны осушения	ЭТЦ-2013 (новый)	Цепной траншейный экскаватор на колесном	Экскаватор типа ЭТЦ-165,	Ширина траншеи 0,25 м. Глубина	До 90 м <sup>3</sup> /ч	Укладка дрена из пластмассовых труб диаметром до 63 мм защищен-

			ходу	база 82 кВт	укладки дрен до 1,6 м		ных ЗФМ в грунтах I-III категории
3.	Дреноукладчик для зоны орошения	Д-4003 (новый)	Скребокотраншейный рабочий орган на самоходном шасси.	Собственная база, мощность 243 кВт	Глубина траншеи 4,0 м. Ширина – 0,4 м.	До 250 м/ч	Укладка дрен из пластмассовых труб диаметром... мм защищенных фильтром, в т.ч. в водонасыщенных грунтах
<b>4. Культуртехнические машины</b>							
1.	Агрегат корчевальный	МП-18	Число навесных сменных рабочих органов - 6	Тр-р кл. 10	Ширина захвата 2,5...4 м	0,3...0,95 га/ч	Расчистка осваиваемых земель от кустарника, мелкоколесья, деревьев, пней, крупных и средних камней
2.	Корчевальный агрегат (кусторез пассивный корчеватель, корчеватель-собиратель)	Новый	навесной	Тр-р кл. 3 гусеничный	Диаметр стволов до 15 см. Ширина захвата ... м	0,18...0,5 га/ч	Расчистка земель от кустарника при освоении земель
3.	Роторный кусторез-измельчитель	РИК-1,8 (новый)	Навесной фронтальный	Тр-р кл. 3 гусеничный	Диаметр стволов до 10 см. Ширина захвата 1,8 м	0,3...0,9 га/ч	Уничтожение мелкого кустарника на лугах и пастбищах
4.	Кусторез	Новый	Навесной на боковой стреле с роторным рабочим органом	Тр-р кл. 1,4-3,0	Диаметр стволов 8 см. Ширина захвата 2-2,3 м	0,08...0,1 га/ч	Срезание кустарника на откосах каналов, насыпей, дорог и ГТС
5.	Машина для уборки мелких камней	Новый комплекс	Навесные и прицепные органы	Тр-ры кл. 1,4-3,0	Ширина захвата 4,5 м	0,7...1,1 га/ч	Извлечение, подюорка в валки и забор камней в бункер и транспорт в места складирования

<b>5. Машины для обработки почв</b>							
1.	Борона тяжелая мелиоративная	БДМ-2,5А БМН-2,5	навесная	Тр-р кл. 5, 10	2,5 м	1,0...1,2 га/ч	Обработка вновь осваиваемых и эксплуатируемых земель, в т.ч. заросших мелким кустарником и засоренных мелкими древесными остатками
2.	Роторный плуг-рыхлитель	РПР-2,4 (новый)	Навесной с глубоким рыхлением почвы до 40 см и обработкой верхнего 15 см слоя до кондиции	Тр-р кл. 5,0 и 3,0 колесные с ходо- умень- шителем.	Ширина захвата 2,4 м. Глубина обработки до 4,0 м	0,6 га/ч	Рыхление тяжелых и переувлажненных почв с одновременной подготовкой верхнего слоя к с/х работам
3.	Плуг дисковый	ПДМ-1,5 (новый)	навесной	Тр-р кл.3,0	Ширина захвата 1,7 м. Глубина обработки 25 см	0,6 га/ч	Первичная и эксплуатационная вспашка земель
<b>6. Машины и орудия для улучшения мелиоративного состояния земель</b>							
1.	Рыхлитель трехсточный	РС-0,8	Пассивный, навесной, глубина 0,8 м	Тр-р кл. 5-10	Ширина захвата 2,5 м. Глубина до 0,8 м	0,8...1,0 га/ч	Глубокое рыхление, кротование тяжелых почв
2.	Рыхлитель двухсточный	РС-0,6 (новый)	Навесной, пассивный, глубина 0,6 м	Тр-р кл. 3,0	Ширина захвата 2,2 м. Глубина до 0,6 м	0,5...0,7 га/ч	Рыхление вторично уплотненных почв
<b>7. Планировщики</b>							
1.	Длиннобазовый планировщик	ДЗ-603	Полуприцепная рама	Тр-р кл. 10,5	Ширина захвата 4,5 м	До 1,7 га/ч	Планировка орошаемых и осушаемых земель



## УЗКОТРАНШЕЙНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА – ЭФФЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ В ЗОНЕ ОРОШЕНИЯ

В.И. Миронов, А.В. Гербст, А.В. Миронов  
ФГНУ «РосНИИПМ», ФГОУ ВПО НГМА, Новочеркасск, Россия

Переувлажнение, при нерациональном расходовании оросительной воды, значительно снижает эффективность земель сельскохозяйственного назначения.

В зависимости от глубины залегания разделяют и в производственных условиях применяют полумеханизированный, отдельный, широкотраншейный, либо комплексно-механизированный: траншейный или узкотраншейный способ строительства закрытого горизонтального дренажа (ЗГД). Способ строительства дренажа может определяться соотношением ширины в верхней части траншеи к глубине (коэффициент  $K$ ). Ниже приведены значения коэффициента  $K$  для различных способов строительства дренажа.

Широкотраншейный	Траншейный	Узкотраншейный	Щелевой, бестраншейный
$5 \geq K \geq 1$	$1 \geq K \geq 0,1$	$0,1 \geq K \geq 0,05$	$0,05 \geq K \geq 0,025$

В каждом способе строительства дренажа можно выделить три основных этапа работ: подготовительные – подготовка трасс и дренажных материалов; основные – разработка траншеи, укладка труб с фильтроматериалами и заключительные – обратная засыпка с уплотнением минерального грунта и рекультивация поверхности поля.

В традиционно применявшихся технологических процессах строительства дренажа до 1980-1985 годов в России, на Украине и в других регионах страны, для доставки и загрузки сыпучих объемно-фильтрующих материалов в бункера дренаукладчиков применяли автосамосвалы.

При выгрузке фильтроматериалов в бункера дренаукладчиков, когда ее производили сразу полностью в один прием это приводило к разрыву процесса и имело следующие недостатки:

- обязательную остановку дренаукладчика в работе, что создавало прерывистость процесса укладки дренажа;
- образование осадки бункера при приеме сразу всей массы фильтроматериалов (ОФМ) из кузова автосамосвала;
- обрушение стенок траншеи при сосредоточении массы фильтроматериала в момент его выгрузки;
- иногда заклинивание бункера дренаукладчика в траншее с последующим его откапыванием;

- резкое снижение производительности и увеличение затрат мощности дреноукладчика при продолжении процесса работ, после загрузки фильтроматериала в бункер;

- периодические повторения, по всей длине дрены, названных выше недостатков при строительстве дренажа традиционными методами.

Все это требовало настоящего совершенствования технологии строительства дренажа посредством комплексной механизации производства работ, в особенности, доставки и загрузки дренажных и сыпучих объемно-фильтрующих материалов в бункера дреноукладчиков.

По мере развития и совершенствования в 90-х годах технологических процессов доставки и загрузки дренажных материалов многократно изменялись и отрабатывались технологические приемы работы по обслуживанию ведущих в составе комплексов дреноукладочных машин, но как было исследованиями установлено, наиболее прогрессивным, устраняющим названные выше недостатки, было создание условий для безостановочного движения в работе каждого дреноукладчика. Это обеспечивало качественное строительство закрытого горизонтального дренажа. При этом загрузку фильтроматериалов производили:

- небольшими до 0,7-1,0м<sup>3</sup> грейферными захватами, фронтальными погрузчиками, одноковшовыми экскаваторами (ЭО-2621А; ПФ-0,75; ТО-7; ЭО-3322А, либо ЭО-4321);

- путем непрерывной подачи и загрузки сыпучих фильтроматериалов в бункер дреноукладчика перегружателями с боковым ленточным транспортером (ПП-4, ПФП-13, 6008 «Хайконс» и др.);

- комбинированным экономичным методом по А.с. №1824481.

«Донская» технология предусматривает планировку поверхности земли трассы дренажа, доставку самосвалами типа КАМАЗ-5511 фильтроматериалов и отсыпку их по трассе кучками-отвалами через 30-60 м с последующим забором погрузчиком фронтальным типа ПКУ-0,8 или ПФ-0,75 и с загрузкой ОФМ в бункер дреноукладчика порционно, в движении. Реализацию комплексно-механизированных траншейного и узкотраншейного способов строительства дренажа проводили специально подобранными комплексами дреноукладочных машин в определенной последовательности с регламентируемым составом и видами работ, выполняемых по технологической карте и рабочему проекту [1-3].

Многолетние исследования по ведущим к комплексам дреноукладочным машинам позволили получить и систематизировать данные, которые приведены в таблице 1. Сравнение традиционного полумеханизированного широкотраншейного (раздельного) способа строительства закрытого горизонтального дренажа с комплексно-механизированными траншейными и узкотраншейными по ряду важнейших технико-экономических показателей приведено в таблице 2, а сравнительные показатели по технологическим процессам строительства дренажа, по существующим и рекомендуемым, приведено в таблице 3.

Таблица 1. Техничко-экономические показатели работы дренаукладочных комплексов в водонасыщенных и естественной влажности грунтах

Наименование показателей	Грунты естественной влажности			Водонасыщенные грунты					
	Основная дрена			"Лидерная" и основная дрены			"Пионерная траншея" и основная дрена		
	6027 "Хай-конс"	УДМ-350	ЭТЦ - 406	6027 "Хай-конс"	УДМ-350	ЭТЦ-406А	6027 "Хай-конс"	УДМ-350	ЭТЦ-406А
Производительность, м/ч:									
- техническая	80-85	80-85	50	40-85	45-67	50 15	50-80	55-80	50
- эксплуатационная	35	40-72	25	25	30-50	100	35	40-64	25
- выработка сменная, м	245-400	280-600	17	175	210-300		245-400	280-500	175
Удельная трудоемкость, чел-ч/м	0,257	0,200	0,300	0,617	0,467	0,770	1,159	1,102	1,202
Удельная энергоемкость, кВт-ч/м	3,77	1,97	2,17	4,13	3,51	3,79	3,76	4,22	3,30
Удельная металлоемкость, кг/м	374,0	234,0	526,0	523,0	418,0	920,0	572,0	602,0	820,0
Удельные капитальные вложения, р/м по 1991 г.	4,23	4,82	3,74	5,93	4,36	5,77	5,15	4,05	4,71
Стоимость укладки дренажа, р/м по 1991 г.	6,62	5,68	9,93	11,26	9,91	16,14	20,52	19,58	24,1
р/м по 2003 г.	120	103	179	203	179	291	370	353	434
р/га по 2003 г.	5960	5112	893	10134	8920	14526	18468	17622	21690

Таблица 2. Техничко-экономические показатели способов строительства дренажа

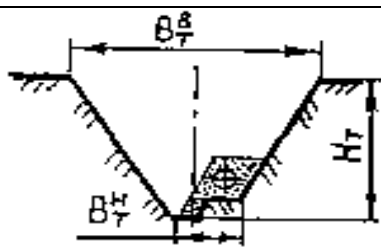
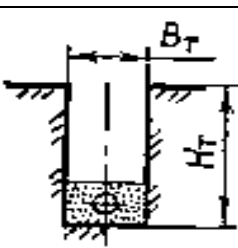
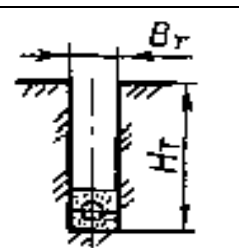
Поперечные сечения; Технологические параметры дрен		
а) широкотраншейный	б) траншейный	в) узкотраншейный
 $K_C^P = \frac{B_{Г}^в}{H_{Г}}$	 $K_C^m = \frac{B_{Г}}{H_{Г}}$	 $K_C^{ym} = \frac{B_{Г}}{H_{Г}}$
Коэффициенты соотношения параметров дрен		
$5 \geq K_C^P \geq 1$	$1 \geq K_C^m \geq 0,1$	$0,1 \geq K_C^{ym} \geq 0,05$
Уровень механизации дренажных работ ( $У_m$ ), %		
24,9-35,6	61,2-93,7	78,8-93,7
Ширина полосы отвода земель для строительства дренажа ( $B_0$ ), м		
32,8-37,0	15,0-26,0	14,0-20,0
Объемы срезки растительного грунта по трассе дрен ( $V_{гр}$ ), м <sup>3</sup> /м		
36,0-5,40	1,20-1,80	1,20-1,80
Объемы земляных работ по выемке минерального грунта ( $V_{мг}$ ), м <sup>3</sup> /м		
10,8-19,0	1,32-1,98	0,70-1,05
Расход объемно-фильтрующих материалов (ОФМ), м <sup>3</sup> /м		
0,22-0,29	0,20-0,27	0,096-0,125
Выработка сменная, м/смену		
20-30	175-320	245-500
Удельные трудозатраты ( $T_y$ ), чел.-час/м		
0,83-1,158	0,39-0,78	0,257-0,467
Себестоимость строительства (С), руб/м		
<u>15,6-24,1</u> 315-500	<u>10,2-16,3</u> 178-215	<u>5,68-9,93</u> по 1991 г. <u>103-117</u> по 2003 г.

Таблица 3. Сравнительные показатели технологии устройства дренажа на орошаемых землях

Наименование показателей	Существующие технологии		Рекомендуемые технологии		
	Раздельный способ	Траншейный способ	Узкотраншейный способ		
			основная дрена (ОД)	ОД + закрыт, коллектор (ЗК)	ОД + открыт, коллектор (ОК)
Годовая выработка: км/га	10/200	30/600	50/1000	50/1000	50/1000
Число машин в комплексе, шт.	18-21	13-14	10-12	11-13	13-14
Число работающих, чел.	20-25 (до 30)	18-20 (до 25)	15-17 (до 20)	15-17 (до 20)	15-17 (до 20)
Производительность сменная, м/смену	20-35	170-260	280-500	200-300	245-450
га/смену	0,4-0,7	3,4-5,2	5,6-10,0	4,0-6,0	4,9-9,0
Производительность труда, м/смену-чел.	1,08	10,75	27,94	14,70	20,95
га/смену-чел.	0,044	0,215	0,458	0,294	0,410
Удельная трудоемкость, чел.-ч/м	323-548	<u>6,3-9,5</u> 22-33	<u>1,8-2,2</u> 3,9-4,8	2,3-2,9	18,7-26,2
Удельная энергоемкость, кВт-ч/м	630-1050	43,6-66,6	18,5-23,3	25,4-35,6	47,6-66,7
Удельная металлоемкость, кг/м	58577-97630	5380-8207	1854-2325	2630-3690	5430-7610
Удельные капвложения, тыс.р-ч/м	<u>5842-9737</u>	<u>534-814</u>	<u>250-314</u>	<u>489-685</u>	<u>886-1241</u>
тыс. р-ч/га	292100-486850	26700-37800	12500-15700	24450-34227	44310-62034
Стоимость дренажа: по 1991 г.	17,5-27,8	9,9-10,2	5,7-6,5	7,8-9,9	15,6-24,3
р/м по 2003 г.	315-500	178-187	103-117	190-220	281-384
р/га по 2003 г.	15750-25000	8900-9350	5150-5850	9500-11000	14050-19200
Эффективность <u>р/м</u>		<u>137-313</u>	<u>212-383</u>	<u>125-280</u>	<u>34-116</u>
<u>р/га</u>		6850-15650	10600-19150	6250-14000	1700-5800

При проведении анализа и сравнении способов и технологий строительства дренажа традиционными и современными способами видим наглядно, что эффективность применения в зоне орошения узкотраншейного метода в сравнении с первыми достигается за счет более высокой производительности и годовой выработки комплексов дренаукладочных машин, что подтверждается результатами исследований и опытом работы в полевых условиях.

#### Литература

1. Колганов А.В., Миронов В.И., Лещенко А.В. и др. Научно-технические основы формирования комплексов дренаукладочных машин // Доклады РАСХН. - №6.-2004.- с.56-58.
2. Миронов В.И. Опыт и разработки ЮжНИИГиМа по механизации строительства дренажа в зоне орошения // Мелиорация и водное хозяйство. -1996.- №3.- с.24-25.
3. Миронов В.И. Технология и механизация дренажных работ в зоне орошения. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. – 120 с.

УДК 631.31:631.67

### **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРУДИЙ ДЛЯ ГЛУБОКОГО РАЗУПЛОТНЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ**

А.А. Михайлин

ФГОУ ВПО НГМА, Новочеркасск, Россия

В настоящее время сложившаяся ситуация в орошаемом земледелии России требует безотлагательного решения проблемы разуплотнения почв. За истекшие три десятилетия площадь переуплотненных земель превысила 10 млн. га. Только из-за переуплотнения почв страна недобирает более 1 млн. т зерна. Решить эту проблему без создания новых, менее энергозатратных орудий не представляется возможным.

Нами, в процессе проведенных исследований был усовершенствован глубокорыхлитель навесной чизельного типа ГНЧ-0,6. Определялись его тяговые сопротивления. Полученные результаты сравнивались с глубокорыхлителем РГ-0,8.

На рис.1 показан рабочий орган ГНЧ–0,6У, который включает:

1 - раму; 2 - стойку; 3 - смежные рыхлящие грани; 4 - наральник; 5 - грунто-подъёмники (правый и левый); 6 - шарнир; 7 - культиваторную лапу.

Оригинальная сварная прямоугольная рама, выполнена из стали марки Ст 40, толщиной 40 мм, усиленная косынками. На раме глубокорыхлителя рабочие органы установлены в 2 ряда в шахматном порядке, тем самым, уменьшая тяговые усилия при обработке почвы. Ширина захвата – 2,95 м. Стойки выполнены из стали марки 65 Г, толщиной 60 мм. К стойке через технологические отверстия крепятся культиваторные лапы, смежные рыхлящие грани. Вместо формователей гребня дна борозды установлены грунтоподъемники, прямоугольной формы. Изменение технических решений рабочего органа глубокорыхлителя вызвано тем, что формователи вообще не обеспечивают рыхление пласта поч-

вы. Установка грунтоподъемников позволяет существенно повысить качество разуплотнения пласта, с сохранением функций базовой конструкции.

Грунтоподъёмники установлены на высоте 15 см от носка наральника (рисунк 2). Выполнены они из стали марки Ст 40, прошедшей термическую обработку, толщиной 10 мм, с отверстиями под «потай», диаметром 20 мм, с режущей гранью, заточенной под углом  $45^{\circ}$ .

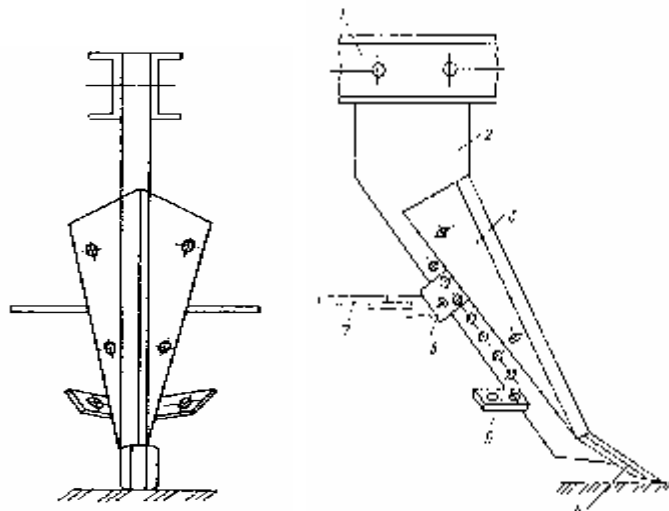


Рис. 1. Рабочий орган глубокорыхлителя чизельного типа ГНЧ – 0.6

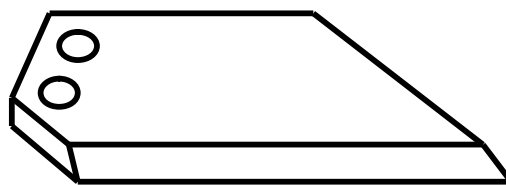


Рис. 2. Усовершенствованный грунтоподъёмник (правый)

Разуплотнение почвы усовершенствованным нами орудием происходит следующим образом:

При заглублении рабочего органа в почву, стойка разрезает и рыхлит почву вследствие сдвига в стороны почвенного пласта по гладким сменным рыхлящим граням. В результате этого сдвигаемый пласт почвы крошится на мелкие фракции, при снятии сжимающих нагрузок после схода почвенного пласта с рыхлящих плоскостей. Наральник, имеющий трапецеидальную форму, с помощью боковых граней углубляет и несколько расширяет борозду. С помощью грунтоподъёмников производится отрыв почвенного пласта, от ниже лежащего слоя почвы и происходит его перемещение вверх по плоскости грунтоподъёмников, тем самым, образуя вертикальные трещины в подрезаемом слое, обеспечивая лучшее разуплотнение отрываемого пласта почвы.

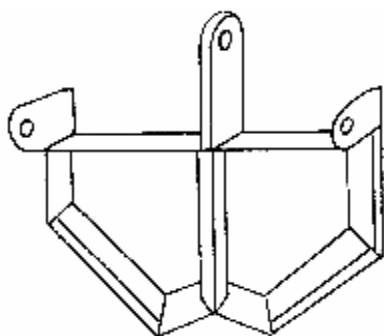


Рисунок 3 – Рабочий орган глубокорыхлителя РГ-

Для сравнения с ГНЧ-0,6У был принят глубокорыхлитель объемного типа РГ-0,8 (рис. 3). Анализ конструкций рыхлителей почвы сельскохозяйственного назначения, разработанных НИИ и другими научными организациями Ростовской области и всего Южного Федерального округа позволил установить, что РГ-0,8 является единственной конструкцией рыхлителя способного разуплотнять пласт почвы глубиной ниже 60 см.

Исследования, проводились во ВНИПТИМЭСХ г. Зерноград Ростовской области, определялось тяговое сопротивление стойки ГНЧ-0,6У в сравнении с показателями стойки рабочего органа глубокорыхлителя РГ-0,8 с применением мобильной тензостанции.

Полученные результаты замеров тяговых сопротивлений стойки рабочего органа глубокорыхлителя ГНЧ-0,6У приведены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели тяговых сопротивлений глубокорыхлителя ГНЧ-0,6У

Режимы работы		Характеристика тяговых сопротивлений		
Угол наклона грунтоподъемников $\alpha^0$	Глубина обработки Н, см	Тяговое сопротивление F, ср., кН	Ср. квадратичное отклонение $\pm\sigma$ , Н	Коэфф. вариации $\nu$ , %
40	50	2,127	392	18,4
	60	2,576	499	20,9
50	50	2,422	406	16,6
	60	2,703	811	41,0
60	50	2,453	636	43,7
	60	3,045	727	35,5

В таблице 2 представлены показатели тяговых сопротивлений рабочего органа глубокорыхлителя объемного типа РГ-0,8.

Таблица 2. Показатели тяговых сопротивлений глубокорыхлителя РГ-0,8

Режимы работы		Характеристика сопротивлений усилий		
Угол наклона рыхлящих плоскостей $\alpha^0$	Глубина обработки Н, см	Тяговое сопротивление F, ср., кН	Ср. квадратичное отклонение $\pm\sigma$ , Н	Коэффициент вариации $\nu$ , %
40	50	2,318	418	15,3
	60	2,620	344	16,8
50	50	2,602	451	22,4
	60	2,817	522	28,9
60	50	2,695	714	30,0
	60	4,198	534	42,2

Анализ таблиц 1 и 2 показывает, что тяговые сопротивления при глубинах обработки 50 и 60 см и углах наклона грунтоподъемников рабочего органа глубокорыхлителя ГНЧ-0,6У и углах наклона рыхлящих плоскостей глубокорыхлителя РГ-0,8 при  $40^0$ ,  $50^0$  и  $60^0$  существенно различаются.

Установлено, показатели тягового сопротивления глубокорыхлителя ГНЧ-0,6У в сравнении с глубокорыхлителем РГ-0,8 при указанных углах наклона рыхлящих плоскостей и глубинах обработки почвы имели соответственно следующие значения: 2,127 и 2,318 кН; 2,576 и 2,620 кН; 2,422 и 2,602 кН; 2,703 и



2,817 кН; 2,453 и 2,695 кН; 3,045 и 4,198 кН. Анализ полученных показателей позволил установить, что тяговые сопротивления рабочего органа глубокорыхлителя РГ-0,8 в сравнении с тяговыми сопротивлениями рабочего органа ГНЧ-0,6У возрастают от 20 до 30 % с увеличением глубины обработки почвы и угла наклона рыхлящих поверхностей рабочего органа.

Таким образом, тяговые сопротивления при обработке рабочим органом глубокорыхлителя чизельного типа ГНЧ-0,6У в сравнении с обработкой рабочим органом глубокорыхлителя РГ-0,8 снижаются на 20 – 30 %. Это дает основание утверждать, что глубокорыхлитель ГНЧ-0,6У по своим энергетическим характеристикам существенно превосходит глубокорыхлитель объемного типа РГ-0,8.

УДК 631.626.86: 631.311.75: 631.671

## **ЗАВИСИМОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАМНЕУБОРОЧНЫХ МАШИН ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ**

В.С. Пунинский

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

По статистическим данным камнями в Северо-Западной зоне РФ покрыто 42,8% всей пашни, в том числе полей: сильно засоренных камнями – 7,4%, средnezасоренных площадей - 15,7%, слабозасоренных – 19,7 [1]. В зависимости от мелиоративного фонда средняя каменистость достигает 5 ... 350 м<sup>3</sup>/га. В целом по России засорено камнями 11,9 млн. га сельскохозяйственных угодий [2], в том числе 1,2 млн. га составляют площади, имеющие в пахотном слое почвы менее 5м<sup>3</sup>/га мелких камней.

По данным земельного учета Главного управления землеустройства и землепользования Минсельхоза СССР (форма № 22 1985 г. с.118) сельскохозяйственные угодья имеют: слабое поверхностное засорение на площади -3,8 млн. га, среднее -3,9 млн. га, сильное - 3,0 млн. га.

Наличие камней на поверхности, в пахотном и подпахотном горизонтах сдерживает применение эффективных технологий сельскохозяйственного производства. Простой техники из-за поломок и износа рабочего оборудования резко снижают производительность машин.

Конструкции камнеуборочных машин разрабатываются с учетом способа выборки камней, который определяется исходными требованиями по глубине обработки почвы. При этом важным функциональным показателем является эксплуатационная производительность машин. Для исследования зависимости производительности от внешних и внутренних факторов определены критерии и сформирован статистический комплекс [3].

Статистический комплекс формируется для исследования возможного сочетания внешних и внутренних факторов, которые группируются, как основные и подразделяются на дополнительные и вспомогательные. В качестве главного фактора принята глубина обработки слоя почвогрунта. К прочим факторам относим: квалификацию механизатора, атмосферное давление, темпера-

туру воздуха, влажность воздуха и качество топлива, влияние которых принимаем как ошибки в случайном разбросе отдельных дополнительных факторов.

Математическая модель, взаимосвязи факторов, в общем виде определяется выражением:

$$C_h = f(x_i; z_j; y_1; u_m),$$

где  $C_h$  – главный исследуемый фактор,  $x_i$  – внешний фактор (независимые переменные);  $z_j$  – внутренний фактор (управляющие переменные);  $y_1$  – зависимая переменная дополнительного фактора;  $u_m$  – зависимая переменная вспомогательного фактора.

Принятая структура статистического комплекса исследуемого процесса включает:

- $C_h$  - Глубина обработки  $h_{yc}$ , м - принимается в качестве главного фактора;
- $x_i$ :  $A_1$  – Каменистость  $P_m$ ,  $m^3/га$ ;  $A_2$  – Влажность почвы  $\epsilon$ ;  $A_3$  – Твердость почвогрунта  $P$ , МПа;  $A_4$  – Средний диаметр фракции камней  $\bar{d}_k$ , м;
- $z_j$ :  $B_1$  – Ширина захвата  $L$ , м;  $B_2$  – Масса машины  $G$ , т;  $B_3$  – Мощность трактора  $N_t$ , кВт;  $B_4$  – Рабочая скорость  $V$ , км/ч;  $B_5$  – Коэффициент загрузки двигателя  $K_N$ ;  $B_6$  – Коэффициент технического использования  $K_{ти}$ ;  $B_7$  – Коэффициент очистки камней от почвы  $(1-K_{п})$ ;
- $y_1$ :  $S_1$  – эксплуатационная производительность  $\Pi_э$ , га/ч;
- $u_m$ :  $S_2$  – Трудоемкость  $T_v$ , чел.ч/га;  $S_3$  – Полнота выборки, сбора камней,  $\psi_k, v$ .

Исходные данные для расчетов выбраны по результатам оценок из протоколов испытаний (таблица 1).

Таблица 1. Исходные значения для расчета значимости факторов оценки эффективности камнеуборочных работ

№ п/п	Имя предприятия	Шанс-коэффициент внешнего фактора (вероятность события)				Зависимая переменная	Вспомогательная переменная	Полномасштабный коэффициент внутреннего фактора (управляющие переменные)							Вспомогательная переменная	Среднее значение	Объект	
		$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$			$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$	$Z_6$	$Z_7$				$Y_1$
1	МУК-3,6 СССР, 1977 ГРМ, 1981	16	0,3	5,040	0,072	0,45	50,34	1,4	8,525	86,72	1,01	0,673	0,42	0,823	0,876	0,163	18	Северо-Западная МНС 33-42-77
2	КМ-1,4 СССР, 1983	12,76	0,215	0,71	0,009	0,15	18,58	1,3	4,8	37,8	2,5	0,62	0,72	0,332	0,341	0,896	15	Восточная МНС 09-23-83
3	МКШ-2,5 СССР, 1979-1983	279	0,134	1,8	0,078	0,18	23,17	1,49	9,170	117	3,6	0,78	0,8	0,884	0,884	0,143	15	Северо-Западная МНС 23-42-79
4	МКШ-1,4 СССР 1980	18	0,35	0,5	0,22	0,36	12,51	1,4	6,820	117	2,85	0,897	0,888	0,89	1,0	0,2	15	Северо-Западная МНС 11-13-83
5	КК-185 Фирма ПДМ Фанк-машин 1985	26,2	0,199	0,35	0,024	1,12	1,78	1,3	1,548	57,2	2,80	0,297	0,33	0,743	0,503	0,605	15	Трудовой МНС 21-98-85
6	МКВ-1,7 СССР 1984	36,2	0,199	0,28	0,094	0,24	2,94	1,4	1,330	57,3	2,65	0,287	0,71	0,59	0,811	0,85	15	Западная МНС
7	ЛДВ-5 Фирма Вакс-машин Камары 1983	28,16	0,188	1,9	0,094	0,38	3,45	1,0	3,448	56,8	2,77	0,396	0,84	0,327	0,398	0,84	15	Трудовой МНС 28-108-83
8	ПАТ-5 АСЗ Фирма Фанк-машин 1984	33	0,25	0,84	0,13	0,77	1,38	1,5	3,818	57,8	2,52	0,604	0,91	0,953	0,35	0,84	15	Западная МНС 07-88-84
9	Харла ВП-1,4 Фирма Галикс СВЕА 1985	117,5	0,11	1,619	0,231	0,38	2,63	0,6	3,865	58,7	2,6	0,444	0,815	0,977	0,834	0,85	15	Летовская МНС 15-38-85
10	Видроуор В-20 Фирма Галикс СВЕА 1985	92,4	0,124	1,277	0,240	3,0	0,3	6,3	1,480	58,8	4,3	0,374	0,894	0,46	0,919	0,85	15	Летовская МНС 15-38-85
11	ВР 180/124 Фирма ЗМРПФ Фракция 1983	34,32	0,14	1,8	0,60	0,34	2,94	1,85	1,660	117,7	2,87	0,878	0,888	1,0	1,0	0,002	15	Архангельская МНС 03-А-83
12	УКВ-0,7А СССР 1989	84	0,23	0,56	0,38	0,12	6,23	1,25	2,8	57,2	3,2	0,965	0,83	0,68	0,80	0,67	15	ВЦ МННТФ №1 283,44 - 89
13	АН-28 Фирма ЗМРПФ Фракция 1983	46,15	0,102	0,9	0,371	0,58	1,11	3,0	0,915	32,9	4,0	0,916	0,835	0,977	0,925	0,03	15	Архангельская МНС 03-88-83
14	МНС-2,5 СССР, 1985	37	0,25	0,82	0,45	0,41	2,48	2,52	3,2	132	2,84	0,4	0,87	0,94	0,638	0,498	15	Западная МНС 07-85

Установлено наличие связи факторов статистического комплекса с глубиной обработки почвы, при этом из 14 факторов обратная связь у 6 ( $A_1, S_1, S_3, B_1, B_4, B_6$ ), а прямая связь у 8 факторов ( $A_2, A_3, A_4, S_2, B_2, B_3, B_5, B_7$ ).

При исследовании статистических связей между факторами и глубиной обработки почвы найдены: - коэффициенты корреляции, которые отличны от нуля  $r \neq 0$  и  $r \neq \pm 1$ . Величины коэффициентов корреляции (таблица 2) незначительны, поэтому распределение значений факторов может быть описано нормальным законом. Это указывает на наличие корреляционной зависимости и возможности применения уравнений линейной регрессии.

На основании анализа статистического комплекса установлены зависимости производительности камнеуборочных машин: степенная от каменистости,  $y = 0,1326x^{0,5127}$  при  $R^2 = 0,1619$ ; полиномиальная - от влажности почвы,  $y = -0,0014x^3 + 0,0352x^2 - 0,2201x + 0,7169$  при  $R^2 = 0,0891$ ; экспоненциальная - от глубины обработки,  $y = 0,1325e^{0,1231x}$  при  $R^2 = 0,2725$ ; а так же логарифмическая зависимость мощности камнеуборочных машин от глубины обработки,  $y = -28,961 \ln(x) + 129,7$  при  $R^2 = 0,5694$ .

Таблица 2. Значения коэффициентов корреляции и существенности факторов статистического комплекса, при значимости 0,05 и  $t_{\text{табличном}} 2,18$

Наименование фактора	Каменистость $r_{\text{ка}}$	Влажность почвы $r_{\text{в}}$	Твердость почвы $r_{\text{т}}$	Средний размер камней $r_{\text{с}}$	Фракция жемчужная $r_{\text{ж}}$	Трудоёмкость $r_{\text{т}}$	Ширина $r_{\text{ш}}$	Мощность $r_{\text{м}}$	Мощность трактора $r_{\text{т}}$	Рабочая поверхность $r_{\text{р}}$	Коэффициент загрузки $r_{\text{з}}$	Коэффициент технического использования $r_{\text{т}}$	Коэффициент очистки $r_{\text{о}}$	Почвы камневые $r_{\text{п}}$
Корреляция	-0,095	0,406	0,07	0,101	-0,299	0,483	-0,177	0,429	0,622	-0,402	0,282	-0,418	0,312	-0,513
Критерий существенности	0,3323	1,55409	0,2424	0,3521	1,0869	1,9135	0,6212	1,6447	2,7507	1,5221	1,0177	1,5942	1,1369	2,0681
Разница критериев	-1,8477	-0,6391	-1,9376	-1,8279	-1,0931	-0,2665	-1,5588	-0,5353	0,5707	-0,6579	-1,1623	-0,5858	-1,0431	-0,1119

Расчеты показывают, что корреляционные связи 13 факторов с глубиной обработки почвы не существенны ( $t_r < t_{\text{табличного}}$ ), так как критерий существенности коэффициента корреляции меньше теоретического значения по таблице Стьюдента. У фактора  $B_3$  – Мощность трактора  $N_t$  корреляционная связь существенна ( $t_r > t_{\text{табличного}}$ ) при 5% уровне значимости.

Корреляционные связи 6 факторов статистического комплекса с глубиной обработки почвы ( $A_1, A_3, A_4, S_1, B_1, B_5$ ) слабые  $r < 0,3$ , а у остальных факторов связи средние  $0,3 < r < 0,7$ .

По найденной существенности факторов для получения эмпирической зависимости эксплуатационной производительности камнеуборочных машин при прямом комбайнировании приняты :  $P_m$ ;  $L$ ;  $N$ ;  $K_N$ ;  $P$ ;  $G$ ;  $h_y$ ;  $\psi$  и уравнение множественной регрессии.

Для расчета коэффициентов уравнения множественной регрессии сформирована матрица (табл. 3), в которой функциональные факторы машин и условий агрофона имеют различные единицы измерения. Действительные значения факторов нормализуются к безразмерному виду по выражению:  $Z_{ik} = (X_{ik} - \bar{X}_k) \cdot \sigma_x^{-1}$ .

Таблица 3. Матрица исходных значений для определения эксплуатационной производительности

N п/п	Наименование фактора Марка ТС, страна, год	S Эксплуатационная производительность, Пэ, га/ч	A <sub>1</sub> – Каменистость P <sub>m</sub> , м <sup>3</sup> /га	A <sub>3</sub> – Твердость почвогрунта, Р МПа	B <sub>1</sub> – Ширина захвата L, м	B <sub>2</sub> – Масса машины G, тонн	B <sub>3</sub> – Мощность трактора N <sub>t</sub> , кВт	B <sub>5</sub> – Коэффициент загрузки двигателя K <sub>э</sub> в долях ед.	C – Коэффициент полноты выборки У в долях ед.	d – Глубина обработки h <sub>yc</sub> , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	LDW-5 ф Rock-omatic Канада 1983	0,29	38,16	1,9	6,0	3,44 0	56,9	0,396	0,998	0,04
2	ПКВ-1,7 СССР 1984, 1985	0,34	26,2	0,35	1,6	1,13 0	57,3	0,289	0,811	0,05
3	УКП-0,7А СССР 1989	0,12	84	0,56	1,25	2,8	57,3	0,565	0,8	0,07
4	ПАТУ-5 А/О Кесла Финляндия 1984	0,77	32	0,84	4,5	3,81 0	57,8	0,654	0,95	0,08
5	КМ-1,4 СССР, 1983	0,15	12,78	0,71	1,3	4,6	57,8	0,62	0,941	0,096
6	U-904, з.л.о.Фумос, Польша, 1984	0,84	200	1,4	1,92	7,3	59	0,762	0,79	0,13
7	МКП-1,5 СССР, 1979 1983	0,18	270	1,8	1,49	9,17 0	117	0,78	0,934	0,148
8	КБМ-1,4 СССР 1980	0,16	10	0,5	1,4	6,83	117	0,867	1,0	0,2
9	СУ-1,4 Ряжсельмаш СССР, 1989	0,18	30	3,1	1,4	3,20	77	0,82	1,0	0,3
10	МУК-1,4 СССР, 1977 ГДР, 1981	0,05	16	2,049	1,4	8,93	86,7 3	0,672	0,976	0,361

Коэффициенты линейного уравнения множественной регрессии определяются по выражению:  $k_j = (\sigma_y / \sigma_x) \cdot (D_{yxj} / D_{yy})$ , где  $\sigma$  - стандартные отклонения;  $D_{yx}$  и  $D_{yy}$  – миноры от корреляционной матрицы D.

После замены коэффициентов  $k_j$  на их значения уравнение примет вид:  $Y = 0,00407P_m + 0,18465L - 0,00905N_t + 0,75647K_N - 0,37114P - 0,07475G + 3,92357h_{yc} + 0,27311\psi$ , при  $R^2 = 0,788967$ , где Y - эксплуатационная производительность.

Установленные регрессионные зависимости эксплуатационной производительности от функциональных факторов и условий агрофона позволяют ре-

шить вопрос о целесообразности разработки новых камнеуборочных машин, адаптируемых к условиям мелиорируемых объектов.

#### Литература

1. Рекомендации по уборке камней с сельскохозяйственных угодий. В.О.«Союзсельхозтехника» Совета Министров СССР.- М: УНТИиР, 1968, 32 с.
2. Земельный фонд Российской Федерации на 1 января 2002 года. - М: Росземкадастр, ФКЦ «Земля», 2002, 774 с.
3. Длин А. М. Факторный анализ в производстве. –М: Статистика, 1975, с 95...98.

УДК 631.626.2: 631.671

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОМПЛЕКСЫ МАШИН ДЛЯ МЕЛИОРАЦИИ ЗАСОРЕННЫХ КАМНЯМИ ЗЕМЕЛЬ**

В.С. Пунинский

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

На засоренных камнями землях в гумидной зоне очередность технологических процессов в комплексных мелиорациях зависит от многих факторов, а их корреляционная связь недостаточно изучена.

Средства механизации для уборки камней в ходе их создания проверялись на вписывание в существующие и перспективные технологии, из которых формировались технологические комплексы.

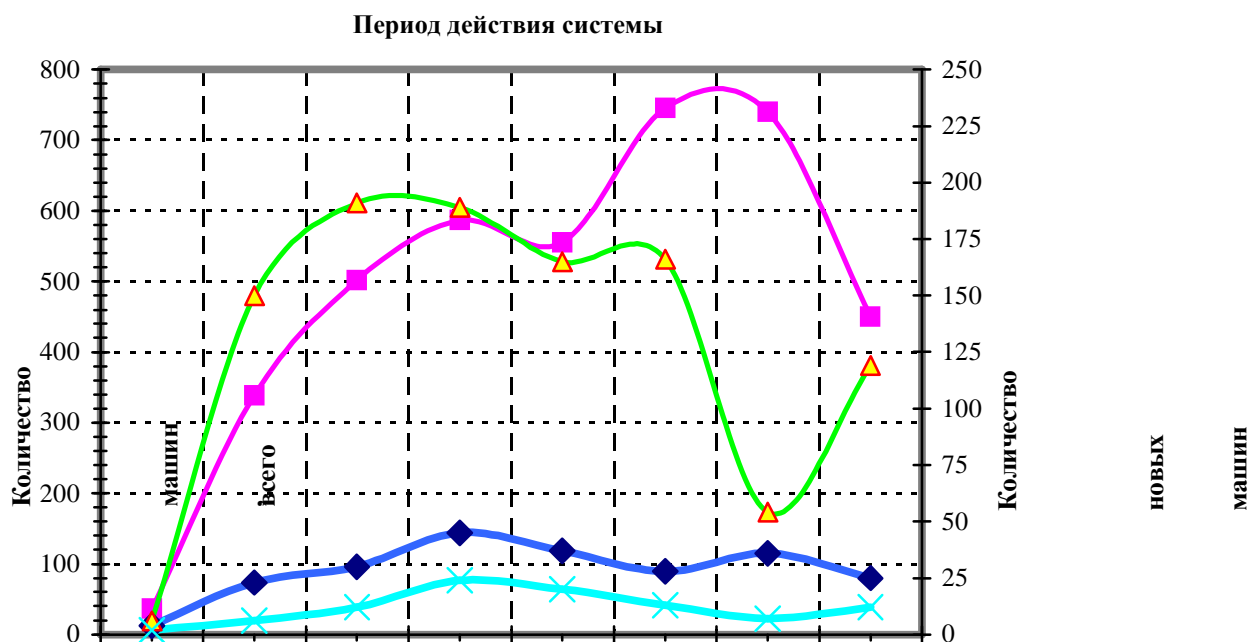
Первоначально мелиоративные комплексы и машины, их было 36 наименований машин, в том числе 4 для уборки крупных камней, входили в состав Системы машин для растениеводства, как один из подразделов. Система машин для мелиоративных работ в середине XX века начала формироваться и реализовывалась с периодичностью 5 лет, как четвертая часть Системы машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства, которая являлась технической основой комплексной механизации производства мелиоративных работ.

С 1981 по 2000 год периодичность Системы машин возросла до 10 лет, а с 2001 года формируется как самостоятельный документ, с отражением в регистрах технических средств состояния с разработкой и производством машин на момент формирования, через 5 и 10 лет.

С развитием Системы машин (рис.1) количество камнеуборочных машин увеличилось до 45 наименований.

Парк камнеуборочных машин на территории России в основном состоял из машин для корчевки, погрузки и транспортирования крупных и средних камней, которые комплектовались в зависимости от массы камней. Последовательность операций по удалению камней и технические средства для их выполнения разрабатывались в зависимости от параметров (массы, размера) камней.

Удаление крупных и средних камней проводилось ПМК и механизированными отрядами при освоении или реконструкции мелиоративных систем и мелиорации земель, а эксплуатационную уборку мелких камней хозяйства пре-



Количество наименований машин всего, шт.	36,0	339,0	502,0	587,0	555,0	746,0	740,0	450,0
Количество наименований машин для уборки камней, шт.	4	23	30	45	37	28	36	25
в том числе новых всего	6	150	191	189	165,0	166	54,0	119,0
в том числе новых для уборки камней	2	6	12	24	20	13	7	12
<b>Год</b>	1955-1965	1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1990	1986-1995	1996-2000	2001-2010

Рис.1. Динамика развития Системы машин для механизации мелиоративных работ

имущественно выполняли собственными силами. Хозяйствам в восьмидесятые годы XX столетия поставлялось в достаточном количестве камнеуборочных машин УКП-0,7 для сбора с поверхности отдельных камней размером от 12 до 60 см. Для очистки пахотного слоя от мелких камней были созданы и рекомендованы на производство машины КУМ-1,2, МКП-1,5, КДК-50. В девяностые годы наряду с машинами прямого комбайнирования было создано семейство однооперационных машин для уборки мелких камней с поверхности почвы пахотных земель.

На землях, требующих осушения, глыбы, крупные и средние камни убирают с поверхности трасс каналов и полос разравнивания грунта до устройства

каналов и осушителей по полосовой схеме работ. Камни (в т. ч. мелкие), оставшиеся на полях, убирают после строительства осушительной сети и понижения уровня грунтовых вод по сплошной схеме работ.

В ходе осуществления указанных мероприятий работы приходится вести в почвогрунтах, содержащих камни и валуны различных размеров при неравномерном распределении каменистости по глубине и площади мелиорируемого угодья. Средства механизации для удаления скрытых камней и валунов с сельскохозяйственных угодий промышленностью не выпускаются.

Невидимые камни приносят большой вред сельскохозяйственной технике, поэтому важнейшим звеном в комплексе мелиоративных мероприятий являются подготовительные работы, направленные на приведение земель в состояние, технологически пригодное для эффективного использования.

Установлено, что при изменении засоренности камнями в пределах от 4 до 259 м<sup>3</sup> /га производительность траншейного дренажника за 1 ч основной работы снижалась с 119 п.м. до 38 п.м. Точность выдерживания уклона дренажа при укладке по лучу лазера снизилась с 1,2% до 2,8.% из-за увеличения количества отклонений по вертикали рабочего оборудования..

В связи с этим для создания перспективных комплексов камнеуборочных машин наиболее существенными факторами являются глубина обработки слоя почвогрунта, способ воздействия на камни и степень засоренности земель камнями.

При исследовании зависимости урожайности пшеницы от засоренности камнями установлено, что имеются зоны ее резкого изменения (рис.2.), по нашему мнению, соответствующие им значения засоренности камнями являются вполне допустимыми и адаптированными к мелиорируемому полю.

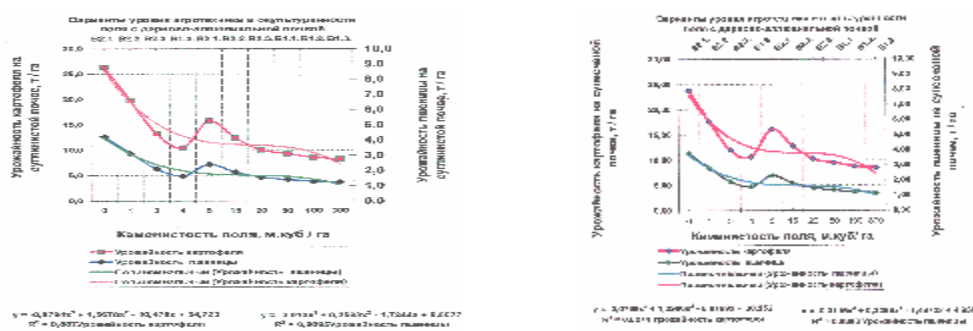


Рис.2. Зависимости урожайности пшеницы и картофеля от степени засоренности земель камнями

График зависимости урожайности пшеницы от степени засоренности камнями перегнойно-карбонатных почв, песчаных по механическому составу, аппроксимируется уравнением  $Y = - 0,0113x^3 + 0,2134x^2 - 1,3365x + 4,2134$  при  $R^2=0,8448$ .

Разброс расчетной урожайности по типам и разновидностям почв для картофеля выражается коэффициентами вариации от 37,51% до 79,81%, для пшеницы – от 41,03% до 68,69%.

При определении вида воздействия на куски породы следует учесть, что на осушаемых землях, по данным к с-х н Т.Е. Филипповой (ВНИИМЗ, 1998 г.), ежегодно вынос кальция и магния с дренажным стоком может достигать от 92,30 до 146 м<sup>3</sup>/га в пересчете на СаОН<sub>3</sub>.

Поэтому предпочтительно то воздействие на карбонатные куски породы, при котором они переходят в форму повышенного выветривания для снижения кислотности почвы.

Разработанные нами технологические модули уборки камней и анализ трудозатрат на их уборку выявили зависимость факторов: глубины воздействия на почву от комплексных показателей и влажности почвы, которая выражается для факторов: - «Ресурс I.Трудозатраты» логарифмическим уравнением  $y = -0,0388\text{Ln}(x) + 0,0966$  и с  $R^2 = 0,2252$ ; - «Ресурс II. Материально-скоростной» полиномиальным уравнением

$$y = 0,002x^3 - 0,0244x^2 - 0,0349x + 0,898 \text{ и с } R^2 = 0,3253.$$

Полевыми исследованиями подтверждается предположение о том, что глубокое одностадийное комбайнирование имеет преимущество в качестве подготовки почвы для возделывания овощных культур при минимальном перемещении камней к новому их месторасположению.

При засоренности камнями в пределах 15 - 70 м<sup>3</sup>/га стоимость удаления мелких камней исследуемым комплексом возрастала в 1,60 раза при дальности транспортирования на 100 м, - в 1,94 раза при дальности транспортирования на 300 м, - в 2,17 раза при дальности транспортирования на 500 м, а при эксплуатационной очистке соответственно в 1,51; 1,65 и 2,18 раза.

Считаем, что тенденция совершенствования комплексов машин выражается в повышении их производительности, увеличении емкости бункеров, позволяющей сократить перевозки камней внутри мелиорируемого поля, создании условий для повышения принятого уровня агротехники возделывания сельскохозяйственных культур, повышения балла бонитировки качества земли.

УДК 626.8.004.002.51

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОТЫ ФРЕЗЕРНОГО КАНАЛООЧИСТИТЕЛЯ**

Ю. Г. Ревин

МГУП, Москва, Россия

Надежность и долговечность каналов в земляном русле во многом зависит от периодичности и качества очистки их от наносов и растительности.

Большое значение, если не решающее, играют методы теоретической оценки качества очистных работ, позволяющие использовать такие математические модели, которые содержат в своем составе не только параметры технических средств характеристики каналов, но органично связанные с ними характеристики технологического процесса.

Такая аналитически сформулированная взаимосвязь даст возможность осуществить не только детальный анализ потенциальной приспособленности используемого технического средства к выполнению на заданном уровне



технологического процесса, но и, в перспективе, синтез машин или оборудования с наперёд заданными свойствами.

Работоспособное состояние мелиоративных каналов определяется их стабильной пропускной и транспортирующей возможностями во времени, которые зависят от многих факторов и требуют особого внимания при их эксплуатации.

Невыполнение необходимых требований и условий приводит к отказам, т.е. к снижению пропускной и транспортирующей способности каналов [1].

Согласно СНиП допустимые отклонения параметров каналов от проектных составляют для отметок дна канала  $0...100$  мм, для продольного уклона дна  $\pm 0,0005$  (уменьшение минимальных уклонов дна канала не допускается).

Заданными СНиП условиями предусматривается обеспечение проектных режимов работы каналов. При этом, как правило, коэффициенты шероховатости смачиваемого периметра канала принимаются равными  $0,0225 .. 0,0250$ , которые по данным И.И. Агроскина, характеризуются величиной выступов над поверхностью дна и откосов канала в пределах от  $0,4$  до  $8,7$  мм. Другими словами, предельные отклонения микронеровностей рекомендуемые СНиП не удовлетворяют требованиям гидравлики, что обуславливает, в перспективе, ужесточение допусков на высоте микронеровностей.

Неровности поверхности дна очищаемого канала по высоте и длине зависят от нескольких факторов: от неровностей поверхности бермы, от динамической нагрузки на фрезерном рабочем органе, от конструкции и параметров системы агрегатирования рабочего оборудования с базовой машиной, от типа и параметров базовой машины.

Предварительные оценочные расчеты показали, что наибольшее влияние на значения высот неровностей дна очищаемого канала оказывают неровности поверхности бермы.

Представим каналоочистительную машину, движущуюся по берме, в виде динамической системы. Приняв в качестве возмущающего воздействия неровности под правой и левой сторонами движителя, можно получить количественные оценки неровностей дна очищаемого канала. Неровности дна представляются, в таком случае, как траектория движения днообразующей кромки рабочего органа в вертикальной продольной плоскости.

В 1988...90 годах сотрудниками кафедры мелиоративных и строительных машин МГМИ были обследованы каналы осушительных систем в Дмитровской области Российской Федерации. В результате статистической обработки данных обследования были получены вероятностные характеристики неровностей поверхности бермы [2].

На рисунке 1 представлены в качестве примера продольные профили микронеровностей бермы. Сплошной линией показан профиль дальней колеи  $Y$  (см), а штрих пунктирной линией – профиль ближней колеи  $Z$  (см),  $X$  – путь (м).

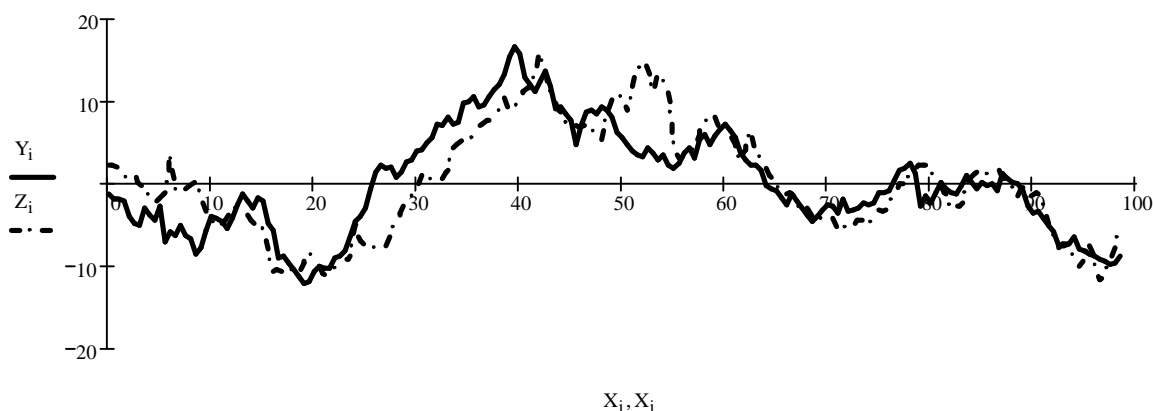


Рис.1. Продольные профили неровностей бермы

Рассматривая эти профили как случайные процессы и используя термины статистической динамики, будем называть неровностей ближней и дальней колеи реализациями. Сравнивая реализации неровностей можно сделать вывод о довольно значительной их похожести по структуре и высотным данным.

Эмпирические нормированные корреляционные функции, представленные на рисунке 2, дают возможность сделать вывод о наличии в структуре реализаций, по крайней мере, двух длин неровностей  $T_1 = 65 \dots 75 \text{ м}$  и  $T_2 = 12 \dots 15 \text{ м}$ .

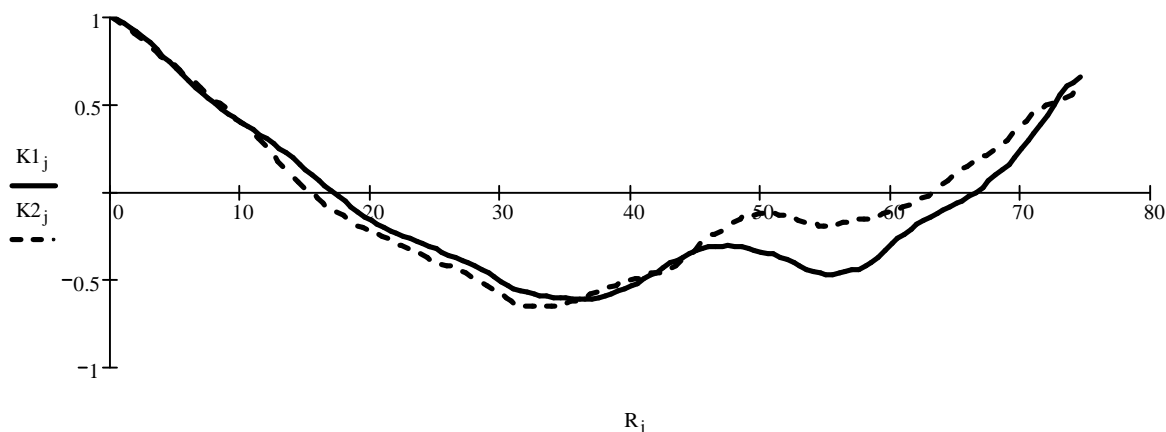


Рис. 2. Эмпирические нормированные корреляционные функции

Дисперсия неровностей составляет величину равную  $35 \dots 45 \text{ см}^2$ . Подсчет значений эмпирических корреляционных функций осуществлялся в соответствии с соотношением:

$$K(j) = \frac{\sum_{i=0}^{N-1-j} h_i \cdot h_{i+j}}{(N-1-j) \cdot D}, \quad (1)$$

где  $j$  – текущая величина смещения при отсчетах массива микронеровностей,  $j=0 \dots m-1$ ;  $m$  – максимальное смещение при подсчете значений корреляционной функции, равное 50 .. 60% от общего числа точек исходного массива;  $h_i, h_{i+j}$  – текущие центрированные значения высот неровностей без смещения и со смещением соответственно, см;  $N$  – общее число точек исходного массива;  $D$  – дисперсия неровностей, см<sup>2</sup>.

С целью дальнейшего расчетного использования информации о неровностях поверхности бермы была проведена процедура аппроксимации приведенных на рисунке 2 эмпирических корреляционных функций.

Аналитическое выражение, с помощью которого может быть описаны графики рисунка 2, имеет один и тот же вид для левой и правой колеи:

$$K(t) = A_0 \cdot e^{a_0 \cdot t} + A_1 \cdot e^{a_1 \cdot t} \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) + A_2 \cdot e^{a_2 \cdot t} \cdot \cos(\omega_2 \cdot t) \quad (2)$$

где  $A_0, A_1, A_2$  – постоянные коэффициенты, характеризующие распределение общей дисперсии неровностей между случайной составляющей и неровностями с устойчивой волновой частотой,  $A_0 @ 0,1 \dots 0,25$ ,  $A_1 @ 0,2 \dots 0,25$ ,  $A_2 @ 0,7 \dots 0,8$ ;  $a_0, a_1, a_2$  – постоянные коэффициенты, характеризующие степень локальной узкополосности случайного процесса,  $a_0 @ -0,5 \dots -2,0 \text{ м}^{-1}$ ;  $a_1 @ -0,02 \dots -0,04 \text{ м}^{-1}$ ;  $a_2 @ -0,01 \dots 0,02 \text{ м}^{-1}$ ;  $\omega_1$  и  $\omega_2$  – волновые частоты случайного процесса, соответствующие устойчивым длинам неровностей,  $\omega_1 @ 0,07 \dots 0,09 \text{ м}^{-1}$ ,  $\omega_2 @ 0,4 \dots 0,5 \text{ м}^{-1}$ .

Спектральные плотности  $S_i(\omega)$  неровностей ближней и дальней колеи (рис. 3), а также их взаимные спектральные плотности определялись с помощью интегрального преобразования Фурье аналитических выражений корреляционных функций:

$$S_i(\omega) = \frac{2}{p} \cdot \int_0^{m \cdot \Delta} K_i(t) \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot dt \quad (3)$$

где  $\Delta$  – шаг отсчета при съёмке высотных значений неровностей поверхности бермы, м,  $\Delta = 0,5 \text{ м}$ .

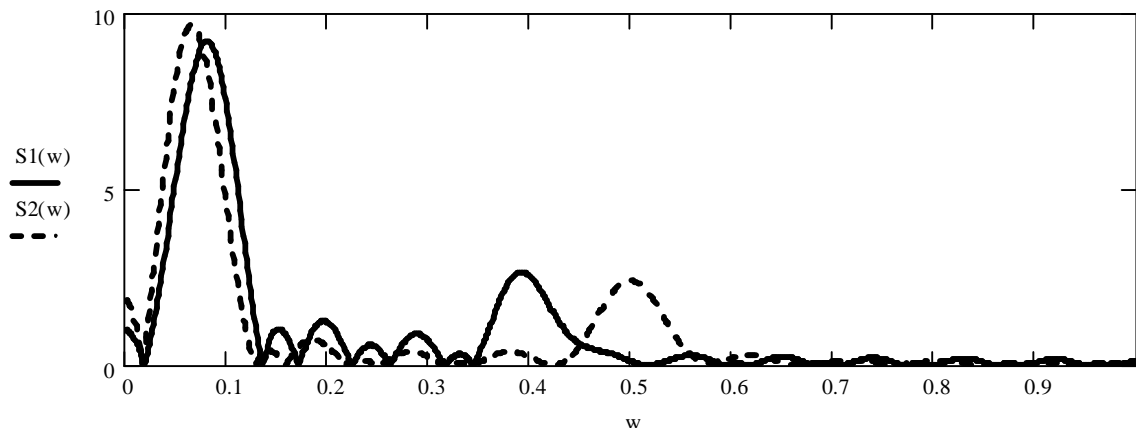


Рис. 3. Графики спектральных плотностей неровностей бермы

В качестве контрольного примера при оценке неровностей дна очищаемого канала машиной с боковым расположением рабочего оборудования с фрезерным рабочим органом примем для расчета машину типа КМ-82.

Матрица спектральных плотностей неровностей дна  $S(\omega)$  может быть определена следующим образом:

$$S(\omega) = W_1(-i\omega) \cdot SS(\omega) \cdot W_2(i\omega) \quad (4)$$

где  $W_1(i\omega)$  – матрица частотных характеристик каналоочистителя, как системы, воспринимающей возмущающее воздействие в виде неровностей поверхности бермы.

$$W_1(i\omega) = \begin{vmatrix} W_{11}(i\omega) & W_{12}(i\omega) \\ W_{21}(i\omega) & W_{22}(i\omega) \end{vmatrix} \quad (5)$$

Здесь  $W_{11}(i\omega)$  – частотная характеристика правой части колесного хода каналоочистителя КМ-82. Это характеристика балансирной тележки, у которой база равна базе трактора «Беларусь»,  $B=2,45 \text{ м}$ ;  $W_{22}(i\omega)$  – частотная характеристика левой части колесного хода.

$$W_{11}(i\omega) = 0.5 \cdot (e^{0.53 \cdot i\omega} + e^{-0.5 \cdot B \cdot i\omega}) \quad (6)$$

$$W_{22}(i\omega) = W_{11}(i\omega)$$

$$W_{12}(i\omega) = W_{21}(i\omega) = 0$$

где  $W_{12}(i\omega)$  и  $W_{21}(i\omega)$  – взаимные частотные характеристики трактора «Беларусь» между левой и правой частями ходового оборудования.  $W_2(i\omega) = W_1(i\omega)^T$ , где  $W_2(i\omega)$  – транспонированная матрица частотных характеристик каналоочистителя.

$SS(i\omega)$  – матрица спектральных плотностей входных воздействий.

$$S_x(\omega) = \begin{vmatrix} S_{11}(\omega) & S_{12}(\omega) \\ S_{21}(\omega) & S_{22}(\omega) \end{vmatrix} \quad (7)$$

где  $S_{11}(\omega)$  и  $S_{22}(\omega)$  – спектральные плотности неровностей ближней и дальней колеи;  $S_{12}(\omega)$  и  $S_{21}(\omega)$  – взаимные спектральные плотности этих неровностей.

Приняв  $S_{11}(\omega) = S_1(\omega)$ ,  $S_{22}(\omega) = S_2(\omega)$ ,  $S_{12}(\omega) = S_3(\omega)$ ,  $S_{21}(\omega) = S_4(\omega)$  будем иметь:

$$DU = \frac{\sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 S(\omega)_{i,j}}{10^4 \cdot K^2} \quad (8)$$

где  $S(\omega)_{i,j}$  – члены матрицы выходных спектральных плотностей,  $\text{см}^2/\text{м}$ ;  $K$  – среднее значение колеи трактора,  $\text{м}$ ;  $DU$  – дисперсия изменения угла поворота остова трактора в поперечной вертикальной плоскости.

Среднее значение амплитуды неровностей поверхности дна для расчетного конкретного случая равно, при  $DU = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ рад}^2$ ,  $A_{\text{дна}} @ 23,5 \text{ см}$ .

Выводы:

1. Предлагаемый метод расчетной оценки неровностей дна очищаемого боковым рабочим оборудованием с фрезерным рабочим органом позволяет получить вполне адекватные практике результаты.

2. Необходимо провести представительные обследования микронеровностей параметров каналов для обобщения их характеристик и их необходимого использования.

#### Литература

1. Долгушев И. А. Повышение эксплуатационной надежности оросительных каналов. М., Колос. 1975.
2. Оценка качества работы каналоочистителя с боковой навеской: отчет по НИР. М., МГМИ, 1989.