

**ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО  
РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ И  
РАЦИОНАЛЬНОГО  
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

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

**том I**

Москва 2007

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

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

**ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО  
РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ И  
РАЦИОНАЛЬНОГО  
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

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

**том I**

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

Москва 2007

УДК 631.6

**Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования. Том I.** Материалы юбилейной международной научно-практической конференции (Костяковские чтения). – М.: Изд.ВНИИА, 2007. - 402 стр.

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

Сборник содержит доклады в авторской редакции.

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

**IBSN**

© ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, 2007

© Издательство ВНИИА, 2007

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

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

**Компьютерный набор  
Компьютерная верстка**

**Е.Н. Гетьман**

---

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
<b>Кизяев Б.М.</b> РОЛЬ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ А.Н. КОСТЯКОВА В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИИ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ РОССИИ .....	3
<b>Иванов А.Л.</b> О РОЛИ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ В РЕАЛИЗАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА «РАЗВИТИЕ АПК» .....	7
<b>Кружилин И.П.</b> КОМПЛЕКСНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ АПК ЗАСУШЛИВОЙ ЗОНЫ .....	14
<b>Зайдельман Ф.Р.</b> КОНЦЕПЦИЯ А.Н.КОСТЯКОВА О РОЛИ ПОЧВ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕЛИОРАТИВНОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ В РОССИИ .....	22
<b>Лихацевич А. П.</b> МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ БЕЛАРУСИ И ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ .....	29
<b>Айдаров И.П., Голованов А.И., Шабанов В.В.</b> КОМПЛЕКСНОЕ ОБУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИЙ – ДАЛЬНЕЙШИЙ ЭТАП МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ .....	34

### *КОМПЛЕКСНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ*

<b>Адьяев С.Б., Ляпкосова И.А.</b> ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА И УРОЖАЙНОСТЬ НУТА В РИСОВЫХ СЕВООБОРОТАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ТРАВМИРОВАННОСТИ СЕМЯН .....	51
<b>Акутнева Е.В.</b> ВОДОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ ЯБЛОНЕВОГО САДА .....	55
<b>Алдошкин А.А.</b> ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРЕНОСНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ И РАНЕЕ ПОСТРОЕННЫХ СИСТЕМАХ ОРОШЕНИЯ .....	60
<b>Боровой Е.П., Ахмедов А.Д.</b> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ .....	67
<b>Боровой Е.П., Перекрестов Н.В.</b> ОХРАНА ПОЧВ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ .....	73

<b>Бородычев В.В., Гавра М.М., Губаюк Ю.Д.</b> МЕТОДИКА РАСЧЕТА СЕЗОННЫХ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ .....	76
<b>Бородычев В.В., Лытов М.Н., Пахомов Д.А.</b> К ВОПРОСУ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОВЫШЕНИИ ПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА СОИ НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ .....	79
<b>Бородычев В.В., Шуравилин А.В., Скориков В.Т.</b> ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ И УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ .....	87
<b>Выборнов В.В.</b> ОСОБЕННОСТИ АГРОТЕХНИКИ РЕПЧАТОГО ЛУКА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ .....	94
<b>Головатый В.Г., Шамсутдинов Н.З., Худякова Х.К., Горячева Н.Ю.</b> ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО И МИНЕРАЛЬНОГО РЕЖИМОВ ПОЧВЫ НА НАКОПЛЕНИЕ ПРОТЕИНА И УГЛЕВОДОВ В СУХОЙ НАДЗЕМНОЙ МАССЕ ГАЛОФИТОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ФОНАХ ЗАСОЛЕНИЯ .....	101
<b>Головин В.Л.</b> МЕЛИОРАЦИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ .....	111
<b>Гольцов Ю.Я.</b> УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ КОМПЛЕКСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ: ОДНОМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ В ПОЧВАХ И ГРУНТАХ...	114
<b>Городничев В.И.</b> СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ПОЛИВНОЙ ТЕХНИКИ .....	122
<b>Гостищев Д.П.</b> ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ КРОВО-ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СТОЧНЫХ ВОД И ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ .....	130
<b>Гостищев Д.П., Гильдерберг Е.Ю.</b> МЕРЫ ПО БОРЬБЕ С ЭРОЗИЕЙ ПОЧВ ПРИ ПОЛИВЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ДОЖДЕВАНИЕМ .....	136
<b>Григоров М.С., Григоров С.М., Демков М.В.</b> СПОСОБЫ ПОЛИВА И РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ КУЛЬТУР В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ .....	143
<b>Губер К.В.</b> СОЗДАНИЕ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ЛАНДШАФТОВ .....	150
<b>Губер К.В., Шенцева Е.В.</b> ОЦЕНКА РАБОТЫ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ .....	155
<b>Губин В.К., Храбров М.Ю., Колесова Н.Г.</b> ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ УЧАСТКОВ СИСТЕМ МАЛООБЪЕМНОГО ОРОШЕНИЯ .....	159

<b>Гусенков Е.П.</b> О ВОССТАНОВЛЕНИИ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЙ НА ДЕЙСТВУЮЩИХ ОБЪЕКТАХ МЕЛИОРАЦИИ, ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА, ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ .....	163
<b>Дедова Э.Б., Адьяев С.Б., Ли Е.А.</b> ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ КУЛЬТУРЫ РИСА В КАЛМЫКИИ ...	169
<b>Добрачев Ю.П., Мучкаева Г.М.</b> ВОДОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ ОРОШЕНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ .....	172
<b>Добрачев Ю.П., Суханов Г.Н., Виноградова Г.Н.</b> КОМПЛЕКС МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И ЧИСЛЕННЫХ СХЕМ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ	177
<b>Душкина Е.М.</b> ОПЫТ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ВТОРИЧНО ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ ВОЛГО-ДОНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ .....	180
<b>Жигулина Е.В., Максименко В.П., Матюхин Р.И.</b> ВЛИЯНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕЛИОРАНТА «МЕНОМ» НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО СОРТА «ДИКАФ-14» .....	186
<b>Карпович В.Ф., Лысенко А.В.</b> РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ В ФОРМИРОВАНИИ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ .....	189
<b>Кащенко Н.М., Ковалев В.П.</b> РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ ПОЛЬДЕРНЫХ СИСТЕМ .....	195
<b>Кирейчева Л.В.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ – ОСНОВА СОЗДАНИЯ ГАРАНТИРОВАННОЙ КОРМОВОЙ БАЗЫ .....	200
<b>Ковалев Н.Г., Зинковский В.Н., Зинковская Т.С.</b> РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-СОВЕТУЮЩИХ СИСТЕМ ДВУСТОРОННЕГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ.....	205
<b>Ковалев Н.Г., Иванов Д.А., Смирнов А.А., Анциферова О.Н.</b> ТИПИЗАЦИЯ И ГРУППИРОВКА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ .....	210
<b>Кониева Г.Н., Дедова Э.Б., Ниджляева И.А.</b> ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ЯРОВОГО РАПСА В РИСОВЫХ СЕВООБОРОТАХ КАЛМЫКИИ .....	215
<b>Корнеева Е.М., Петрова Л.И., Лапушкина В.Н.</b> ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ .....	219

<b>Корягин В.А., Корягина Л.М.</b> СЦЕНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ РИСА В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ, КРАСНОДАРСКОМ И ПРИМОРСКОМ КРАЯХ НА ПЭВМ .....	224
<b>Котова Е.А.</b> ВЛИЯНИЕ УРОВНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ КОМПЛЕКСОМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА НАКОПЛЕНИЕ СУХОГО ВЕЩЕСТВА НАДЗЕМНОЙ МАССОЙ РАЙГРАСА ТЕТРАПЛОИДНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЗ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ .....	229
<b>Кузнецова В.В., Адьяев С.Б.</b> ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В РИСОВЫХ СЕВООБОРОТАХ КАЛМЫКИИ .....	234
<b>Кузьмин Е.А., Рабинович Г.Ю.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ БИОМЕЛИОРИРУЮЩЕГО ЭФФЕКТА ЖИДКОФАЗНЫХ БИОСРЕДСТВ В МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ .....	237
<b>Ларионова А.М.</b> СНИЖЕНИЕ ВПИТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВ ПРИ ПОЛИВЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИМИ СТОКАМИ .....	240
<b>Лихацевич А.П., Волкова Е.И.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР .....	249
<b>Лихацевич А.П., Клевец Е.Е.</b> ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЕГО УЛУЧШЕНИЮ .....	254
<b>Лукьяненко Е.А.</b> КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ БАКЛАЖАНОВ В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ ...	258
<b>Лялин Ю.С.</b> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ В РОССИИ НА ОСНОВЕ ПОДХОДОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ .....	262
<b>Майер А.В., Брижак В.В., Долгополова Е.В.</b> КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ САХАРНОЙ КУКУРУЗЫ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ .....	268
<b>Макоед В.М., Хмелевская Г.В.</b> ОБЛЕГЧЕННЫЕ КОЛОДЦЫ-ПОГЛОТИТЕЛИ ДЛЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ .....	273
<b>Максименко В.П., Адьяев С.Б., Чапанова М.П.</b> НОРМИРОВАНИЕ ОРОШЕНИЯ ПЫРЕЯ УДЛИНЕННОГО СОРТА «СОЛОНЧАКОВЫЙ» В УСЛОВИЯХ ПОЛУПУСТЫННОГО КЛИМАТА КАЛМЫКИИ .....	276
<b>Максименко В.П., Деев С.Ю., Меньшикова С.А.</b> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕЛИОРАНТ «МЕНОМ» .....	284



<b>Михалева А.Е.</b> ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА СОСТОЯНИЕ ПОЙМЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ ЦЕНТРА РОССИИ .....	290
<b>Нагорный В.А., Рыжко Н.Ф., Угनावый В.Л., Шушпанов И.А.</b> ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «ФРЕГАТ» ФРОНТАЛЬНОГО ПЕРЕДВИЖЕНИЯ .....	292
<b>Николаенко А.Н.</b> ПЕРЕДВИЖЕНИЕ, ТРАНСФОРМАЦИЯ И ПОГЛОЩЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ, РАСТВОРАХ И РАСТЕНИЯХ .....	294
<b>Овчинников А.С., Шуваева М.А.</b> ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОГУРЦА В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ .....	301
<b>Ольгаренко В.И., Ольгаренко И.В.</b> МОДЕЛЬ ПРОГНОЗА ПЛАНИРОВАНИЯ И ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛИВАМИ В МЕЛИОРИРОВАННЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ .....	305
<b>Ольгаренко Г.В.</b> НОРМИРОВАНИЕ ОРОШЕНИЯ АГРОЦЕНОЗОВ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ .....	310
<b>Ольгаренко Г.В., Давшан С.М.</b> МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ ПОТРЕБНОСТИ В ПОЛИВНОЙ ТЕХНИКЕ НА РЕКОНСТРУКЦИЮ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ .....	316
<b>Печенина В.С., Носова Е.В., Айриян Н.В.</b> ОПЫТ ОСУШЕНИЯ И ОСВОЕНИЯ ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВ ....	321
<b>Пивкина О.И., Силков М.В.</b> БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ НА БАЗЕ ШЛАНГОБАРАБАННЫХ МАШИН .....	330
<b>Рыжко Н.Ф.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УМЕНЬШЕНИЮ КОЛЕЕОБРАЗОВАНИЯ ДМ «ФРЕГАТ» .....	335
<b>Рыжко Н.Ф., Угनावый В.Л.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ НИЗКОНАПОРНЫХ ДМ «ФРЕГАТ» .....	340
<b>Скурлягин А.А., Виноградова Г.Н.</b> СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В МЕЛИОРАТИВНОЙ ПОДОТРАСЛИ .....	343
<b>Степанова Н.Е.</b> ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ НА СВЕТО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ .....	347
<b>Стрельбицкая Е.Б., Соломина А.П., Коломийцев Н.В.</b> АНАЛИЗ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ РИСКА ВТОРИЧНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	350

<b>Сычев В.Г.</b> УДОБРЕНИЕ И МЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ КАК МОЩ- НЫЙ ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ .....	359
<b>Терпигорев А.А., Буцыкин А.М., Рева Л.П.</b> МЕХАНИЗАЦИЯ ВНЕСЕНИЯ ПОДГОТОВЛЕННЫХ ЖИВОТНО- ВОДЧЕСКИХ СТОКОВ КРС ПОВЕРНОСТНЫМ ПОЛИВОМ ПО БО- РОЗДАМ .....	364
<b>Терпигорев А.А., Грушин А.В., Жирнов А.Н.</b> ТЕХНОЛОГИИ МАЛОИНТЕНСИВНОГО ОРОШЕНИЯ ДЛЯ УСТОЙ- ЧИВОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ .....	371
<b>Федосеева В.А.</b> ОСОБЕННОСТИ ОРОШЕНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В ВОЛГО- ГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ .....	379
<b>Фоменко Ю.П.</b> ВОДНЫЙ РЕЖИМ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ И ГИБРИДОВ ТОМАТОВ ПРИ ОРОШЕНИИ ДОЖДЕВАНИЕМ В УСЛОВИЯХ ВОЛГО- ДОНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ .....	384
<b>Хохлюк А.П.</b> ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ С МИКРОРЕЛЬЕФОМ (ГЕТЕРОЗЕМЫ) И ЕГО РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ .....	386
<b>Чернятин М.С., Чанчикова Т.Л.</b> СИСТЕМА НОРМ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕ- ДЕЛИИ СИБИРИ .....	391

УДК 630.6

## **РОЛЬ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ А.Н. КОСТЯКОВА В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИИ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ РОССИИ**

**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 регулярно раз в три года. В этом году чтения внеочередные и посвящены юбилейной дате - 120-летию со дня рождения А.Н. Костякова.

Вклад Алексея Николаевича в развитие мелиоративной науки трудно переоценить. А.Н. Костяковым впервые сформулированы и разработаны основы науки о мелиорации земель, входившей ранее как прикладная часть в сельскохозяйственную гидротехнику. Его фундаментальный труд «Основы мелиорации» – основное пособие и сегодня для студентов и специалистов в области мелиорации и водного хозяйства.

Основой учения А.Н. Костякова стало введенное им понятие и теория гидромодуля. Алексей Николаевич 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. Созданная А.Н. Костяковым теория поверхностного орошения, в отличие от существовавших в то время отечественных и зарубежных разработок, учитывала динамику поглощения воды в почве, что позволило оптимизировать способы полива и повысить коэффициент эффективности их полезного действия. Большое внимание было уделено А.Н. Костяковым экспериментальным исследованиям с целью обоснования и подтверждения положений теории мелиоративной науки. Были продолжены и развиты 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.

Накопленный опыт и теоретические знания позволили А.Н. Костякову обосновать необходимость регулирования водного, воздушного, питательного и теплового режимов почв для «...расчета и правильного применения мелиорации в различных географических условиях». Как показала практика, для обеспечения эффективности мелиорации необходимы знания закономерностей водного, воздушного, теплового и питательного режима в корнеобитаемом слое

почвы, обоснование допустимых пределов изменения влажности, температуры почвы, взаимосвязи биологического и геологического круговоротов веществ, режима грунтовых вод, содержания и динамики элементов питания растений в почвах, знание физико-химических свойств почв. Для обеспечения благоприятного водно-солевого режима почв на мелиорируемых землях важное значение имеют конструктивные особенности гидромелиоративных систем, технология поливов, объем и качество поливной воды и многие другие факторы. Таким образом, концепция мелиорации А.Н. Костякова предполагает ее междисциплинарный характер, когда для обоснования мелиоративных мероприятий должны быть проведены комплексные исследования и привлечены знания по нескольким научным дисциплинам: агрономии, земледелию, почвоведению, климатологии, гидрогеологии, гидрологии, механике. На современном этапе развития науки большая роль в мелиорации принадлежит математике, экологии, биохимии, информатике, кибернетике и другим дисциплинам.

Со временем теоретические разработки А.Н. Костякова 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. В середине 1930-х годов орошаемое земледелие Средней Азии и Закавказья по настоянию А.Н. Костякова было переведено на прогрессивный в то время бороздковый способ полива. 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 способа: 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 полива была создана целая сеть опытно-мелиоративных станций. 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, наступившего после майского Пленума ЦК КПСС 1966 г.

А.Н. Костяков, на основе опыта орошения в Поволжье, разработал основные принципы борьбы с вторичным засолением, включая экономное использо-

вание оросительной воды, уменьшение фильтрации из каналов, устройство закрытого трубчатого дренажа и сбросной сети, промывку засоленных почв. Понимая проблему ограниченности водных ресурсов, А.Н. Костяков доказывает необходимость рационального расходования оросительной воды и установления платы за воду «...с таким расчетом, чтобы каждый водопользователь платил налог, исчисляемый не по площади хозяйства, а по количеству затраченной им оросительной воды». Проблема платности водопользования особенно актуальна в наши дни.

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.

А.Н.Костяков стал главным организатором создания ВНИИГиМ, который он возглавлял в 1924-1929 гг. 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 института.

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, увеличения их природно-ресурсного потенциала, повышения плодородия почв на основе современных мелиоративных технологий, ресурсосберегающих и природоохранных технологий орошения и осушения, комплексной механизации мелиоративного и водохозяйственного строительства, обоснования рационального использования и охраны водных ресурсов, экономико-правового механизма эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных систем.

После ряда лет, связанных с тяжелым экономическим положением в стране, в настоящее время постепенно происходит положительный сдвиг общественного сознания к пониманию роли мелиорации в устойчивом развитии сельскохозяйственного производства и обеспечении продовольственной безопасности страны. С выходом Федерального закона «О развитии сельского хозяйства от 27 декабря 2006 г. усиливается внимание правительства и общественности к развитию науки и инновационной деятельности в сфере агропромышленного производства. В Федеральном законе предусмотрена государственная поддержка мероприятий по повышению плодородия земель, охране сельскохозяйственных земель, обеспечению экологического равновесия. В систему государствен-

ного информационного обеспечения в обязательном порядке включается информация о мелиорации земель и мониторинге земель сельскохозяйственного назначения.

В принятом Водном Кодексе РФ от 3 июня 2006 г. предусмотрено предоставление водных объектов в пользование для забора водных ресурсов для орошения земель сельскохозяйственного назначения (в том числе лугов и пастбищ), а также сброса дренажных вод, определена при этом необходимость проведения мероприятий по охране окружающей среды, по защите водных объектов и их водосборных площадей. Решение этих вопросов на современном экономическом этапе развития государства с учетом углубляющегося водного кризиса ставит новые задачи перед мелиоративной наукой.

В разработанной "Концепции научного обеспечения развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2010 года" мелиоративной науке определена особая роль. В концепции особо оговорено развитие фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по созданию:

- систем нового поколения комплексной мелиорации земель, максимально учитывающих особенности ландшафтов в различных регионах страны;

- мелиоративных технологий по восстановлению плодородия почв;

- нормативов рационального водопользования в сочетании с экологически безопасным водоотведением; наукоемких технологий по строительству, эксплуатации и реконструкции мелиоративных систем;

- новых технологий и технических средств мелиорации земель на основе модулей многоцелевого использования;

- технологий управления системами комплексных мелиораций, реализующих современные принципы рационального природопользования и региональный подход к выбору и размещению комплекса мелиоративных мероприятий.

Новый этап развития мелиорации в нашей стране требует от научных коллективов активизации работы в сфере разработки новых технических средств и технологий, внедрения результатов исследований в практику мелиоративных и сельскохозяйственных работ. Важная роль должна принадлежать молодому поколению мелиораторов. Во ВНИИГиМ за последние пять лет прошли обучение более 100 докторантов, аспирантов и соискателей. После длительного перерыва вновь организуется Совет молодых специалистов, перед которым стоят большие и интересные задачи. Прикладываются все усилия для того, чтобы научный и производственный опыт школы мелиораторов института был воспринят новым молодым поколением специалистов, а научное наследие Алексея Николаевича Костякова продолжало успешно развиваться в нашей стране.

Значение вклада Алексея Николаевича в мелиоративную науку страны достойно оценивается Правительством и научной общественностью России. Имя А.Н. Костякова присвоено одной из центральных улиц Тимирязевского района Москвы, ведущему научно-исследовательскому институту отрасли - ВНИИ-

ГиМ, памятник А.Н. Костякову установлен перед зданием МГУП, Золотая медаль имени Алексея Николаевича учреждена Россельхозакадемией, именная стипендия А.Н. Костякова присуждается лучшему докторанту ВНИИГиМ.

#### **Литература**

1. Кизяев Б.М. Слово о Костяковских чтениях.// Научные технологии в мелиорации. Матер. междунар. конференции М., ВНИИГиМ, 2005 г.
2. Кизяев Б.М., Лапидовская И.С. От широкомасштабной мелиорации земель к природоохранным мелиоративным комплексам (ВНИИГиМу – 80 лет)//МиВХ, №5, 2004 г.
3. Маслов Б.С. Академик А.Н. Костяков и научные технологии // Научные технологии в мелиорации. Матер. междунар. конференции М., ВНИИГиМ, 2005 г.

УДК 631.6

### **О РОЛИ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ В РЕАЛИЗАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА «РАЗВИТИЕ АПК»**

**А.Л. Иванов**

Россельхозакадемия, Москва, Россия

Значение проводимой нами конференции, в стенах уважаемого в стране и за рубежом, научного учреждения, носящего имя выдающегося ученого России прошлого столетия А.Н. Костякова, 120-летнему юбилею которого, по сути, это мероприятие и посвящено, чрезвычайно велико. Не случайно, конференция включена в ранг мероприятий Президиума Россельхозакадемии.

Замечу, что совершенно солидарен с учредителями конференции в том, что именно такой титул её, где проблемы устойчивого развития мелиорации как науки и отрасли, рассматриваются во взаимосвязи с проблемами рационального природопользования, наиболее адекватно отвечают общим тенденциям развития мирового агропроизводства, принявшего курс перехода от антропоцентрической, к природоохранной ориентации.

Существующее состояние мелиоративных систем и мелиорируемых земель в России, уровень мелиоративной и смежной наук, требуют нового подхода, новой экологической идеологии развития комплексных мелиораций в нашей стране. Начиная с 90-х годов XX века, стали трансформироваться цели и задачи сельскохозяйственной мелиорации. Официальное определение мелиорации как «Коренное улучшение неблагоприятных гидрологических, почвенных и др. условий земель с целью наиболее эффективного их использования», сформулированное в значительной степени под влиянием взглядов и идей А.Н. Костякова, должно быть пересмотрено и дополнено с учетом чрезвычайно важных экологических функций мелиораций, как фактора рационального природопользования, средства повышения устойчивости агроландшафтов в процессе их освоения.

На данном этапе в отрасли представляется наиболее важным - сохранение и реконструкция существующих мелиоративных объектов, систем и сооружений, улучшение мелиоративного состояния 2,2 млн. га оросительных массивов. На основе всестороннего анализа состояния социума, технического уровня оросительных систем, продуктивности и мелиоративного состояния земель, уровня интенсификации хозяйственной деятельности и экологических ограничений, нуждаются в пересмотре оценки и критерии востребованности комплексных реконструкций, на новом техническом и технологическом уровне, с минимализацией возникновения экологических рисков.

Необходимо освоение водооборотных технологий с технологическими узлами по очистке и обессоливанию дренажных вод, подготовке и внесению удобрений с оросительной водой. Для систем, использующих на орошение сточные воды - возможность цикличной подачи сточных и природных вод на орошаемую площадь, для осушительных систем - комплексного регулирования водно-воздушного и питательного режимов почв. Во всех случаях вопросы экологии и ресурсосбережения должны стать приоритетными.

Такие разработки у ученых есть, они многократно обсуждались, демонстрировались в натуре, ждут своего широкого освоения. Уже сейчас разработанные наукоемкие технологии позволяют получать на орошаемых землях до 10 и более тонн кормовых единиц с гектара, на осушенных - до 4,5 т при сохранении благоприятной экологической ситуации.

Отметим, в очередной раз, что в стране с начала 90-х годов аграрные преобразования, игнорируя научные прогнозы, сводились в основном к либерализации рынка. Они повлекли за собой развал материально-технической базы АПК и системных технологий ведения производства, их примитивизацию, поставив под угрозу существование основного, невозобновляемого средства производства - земли. Особую горечь и тревогу у землепользователей вызывает потеря огромных площадей мелиорированных земель. За 15 лет реформирования площадь орошаемых земель в целом по стране сократилась на 26%, парк дождевальнoй техники уменьшился в 3 раза, а широкозахватных дождевальнoх машин - в 4 раза. Все это привело к сокращению производства продукции агропромышленного комплекса почти вдвое. Объем продукции пищевой и перерабатывающей промышленности уменьшился на 33 %. В результате продовольственная безопасность опустилась до угрожающего уровня.

С 2000 года агропромышленное производство демонстрирует некоторую стабилизацию. Темпы его роста остаются вялыми, как правило фрагментарны, носят локальный характер и сильно отстают от общего уровня роста экономики страны. Доля сельского хозяйства в ВВП страны в 2005 году составила всего 5%, а продовольственных товаров в объеме розничного товарооборота – порядка 40%.



И все же мы являемся, наконец-то, свидетелями того, что значительно колеблена позиция либералов догматиков в том, что роль государства должна ограничиваться лишь макрорегулированием, не вторгаясь в сферы экономики. Мы убедились, что рынок не в состоянии регулировать земельные отношения, обеспечить технологическую модернизацию сельского хозяйства в целом, мелиоративного комплекса как важнейшей его составляющей - гаранта стабильности и устойчивости земледелия России, в частности.

Земельный кодекс, закон об обороте земли не работают, землеустроительная, мелиоративная, агрохимическая службы разрушены, процессы деградации почв, опустынивания территорий нарастают.

На этом фоне весьма своевременны и значительны поручения Президента РФ В.В.Путина, данные по итогам работы Президиума Госсовета в Саратове (сентябрь, 2004 г.) и в Ижевске (июль, 2006 г.) о необходимости технологической модернизации сельского хозяйства, в т.ч. развитие мелиорации и формирование внутреннего рынка потребления минеральных удобрений.

Еще более обнадеживающим, наиболее заметным, знаковым событием последних двух лет является утверждение и реализация Национального проекта «Развитие АПК», которые как сейчас отчетливо видится, немислимы без интенсификации и экологизации земледелия, развития мелиорации, приоритетных направлений научного обеспечения.

И только, на первый взгляд, кажется, что это имеет к нам опосредованное отношение. На самом деле, проблема оборачивается вполне прогнозируемыми задачами, в части переработки и утилизации отходов животноводства или органики, вблизи мегаферм, крупных и даже мелких животноводческих комплексов, ландшафтного планирования, землеустроительного и мелиоративного проектирования на экологических принципах, возврата части земель в сельскохозяйственный оборот, восстановления и увеличения мощностей мелиоративного комплекса на новой технологической основе и т.п.

Однако, отмечая в целом, положительное значение Национального проекта «Развитие АПК», мы намеренно обостряем вопрос о недостаточной его научной проработке, именно в части упомянутых нами проблем. Тем не менее, так или иначе, решать их придется нам с Вами, уважаемые Коллеги.

Для осуществления национального Проекта «Развитие АПК» уже в 2006 году кредитные организации, бюджеты различных уровней приступили к целевому финансированию и государственной поддержке, главным образом, закупки высокопродуктивного маточного поголовья крупного рогатого скота в основном за границей. Между тем, реализация генетического потенциала закупаемых в рамках национального проекта животных, в процессе продолжающихся структурных сдвигов породистого состава, в соответствии с требованиями экономики каждого региона, напрямую зависит от условий кормления и содержания их, и по мере повышения продуктивности способствует сокращению

сроков выполнения этого проекта, включая создание собственного племенного ядра. Однако в Проекте остались финансово необеспеченными вопросы достаточного и бесперебойного снабжения скота кормами, не определены схемы четко организованной системы их устойчивого производства в регионах.

В сложных природных и социально-экономических условиях сельского хозяйства России создать такие системы возможно только при эффективной государственной поддержке восстановления и развития мелиоративного фонда, его технического перевооружения.

В первую очередь это касается орошаемых земель. Они, занимая 4,5% площади пашни, в годы, предшествовавшие началу реформирования, обеспечивали свыше 15% всей продукции растениеводства. На их долю приходилось до 25% сбора грубых и сочных кормов, свыше 25% зерна кукурузы. Орошение в сочетании с внесением удобрений на высоком агротехнологическом фоне, за 40 лет исследований ВНИИОЗ, других НИУ Россельхозакадемии, обеспечивало повышение урожайности зерна озимой пшеницы и кукурузы до 8-10 т/га, что в 3...5 раз выше, чем без орошения. При этом коэффициент устойчивости продуктивности системы повышается вдвое. Продуктивность люцерны и силосной кукурузы повышается в 7...13 раз, при этом она втрое устойчивее богарного их возделывания.

Заметим, что для фермы в 1200 коров молочного направления, создание которых в большинстве своем предусмотрено в Национальном Проекте для крупных хозяйств, при продуктивности 5 тыс. л молока в год, без учета поголовья сопутствующего шлейфа, требуется в энергетическом эквиваленте не менее 6 млн. кормовых единиц. Гарантированное и бесперебойное получение такого количества кормов в засушливой зоне могут обеспечить только орошаемые земли, площадь которых на одну такую животноводческую ферму, при продуктивности орошаемого гектара 4 тыс. кормовых единиц, должна составить 1500 га.

При этом структура посевных площадей кормовых культур на орошаемых землях для обеспечения таких животноводческих комплексов будет определяться требованиями получения сбалансированных кормов с учетом продуктивности молочных коров или суточных привесов молодняка на откорме, с определенной долей участия многолетних бобовых и мятликовых трав, зерновой кукурузы, сои и других сопутствующих культур в пожнивных и поукосных посевах, включая холодостойкие культуры, озимые колосовые на зерно и зеленый корм.

Расчеты показывают, что для обеспечения всего приобретаемого по Национальному Проекту, в течение одного года поголовья скота кормами, площадь орошаемых земель приближенная к местам размещения животных, должна быть не менее 80 тыс. га. С учетом необходимости кормления имеющихся в стране животных, а также получаемого молодняка, она должна быть доведена

до 350...400 тыс. га. При ежегодной закупке по Национальному Проекту «Развитие АПК» 50 тыс. голов в ближайшие 2-3 года поголовье высокопродуктивного скота увеличится. Для обеспечения их кормами площадь поливных угодий должна быть доведена до 550...600 тыс. га. С учетом рекомендуемой структуры орошаемого клина (50 % кормовых) общая площадь орошаемых земель уже к 2009 г. должна быть не менее 1,2 млн.га.

В настоящее время из имеющихся в наличии 4,5 млн. га орошаемых земель поливается не более 2,0 млн. га. Продуктивность их характеризуется получением в среднем с 1 га порядка 2,8 тыс. к.е. и только с повышением их технического уровня эту величину можно поднять до 4 тыс.к.е. Для вновь создаваемых или реконструируемых животноводческих ферм (комплексов), не обеспеченных в достаточном количестве орошаемыми землями, потребуется строительство новых оросительных систем с учетом современных требований ландшафтной адаптации.

В целом же для придания АПК России устойчивого развития и получения в достаточном количестве отечественного продовольствия согласно «Концепции мелиорации сельскохозяйственных земель в России» к 2010 году мелиоративная политика в стране должна быть направлена на сохранение действующих гидромелиоративных систем, восстановление их на новой более современной технической основе. Для этого, как уже упоминалось, необходимо улучшить мелиоративное состояние и реконструировать существующие оросительные системы на площади 2,2 млн. га, объем полезащитных лесных насаждений расширить до 3,3 млн. га. За счет этого и освоения адаптивно-ландшафтных систем орошаемого земледелия объем получаемой с орошаемых земель продукции составит 22 млрд. корм. ед., в том числе 4,2 млн. т зерна.

В решении проблемы создания устойчивой базы для животноводства значительная роль принадлежит мелиорированным осушенным землям.

В настоящее время в областях и республиках Нечерноземной зоны таких земель насчитывается 3,8 млн. га.

Нелишне напомнить, что в 80-е годы прошлого столетия мелиорированные земли Нечерноземья обеспечивали гарантированное производство кормов на уровне 30% от общей потребности в кормах общественного животноводства в целом по зоне и, соответственно, на уровне 40 и 78% по Северному и Северо-Западному регионам, что значительно способствовало выполнению плановых заданий по производству мяса и молока.

Создание устойчивой кормовой базы для животноводства на осушаемых землях неразрывно связано с адаптивно-ландшафтным подходом к формированию систем кормопроизводства, что открывает возможности наиболее полного и эффективного использования кормовых ресурсов.

Всероссийским НИИ сельскохозяйственного использования мелиорированных земель разработаны и апробированы в условиях производства адаптив-

ные ландшафтно-мелиоративные системы и технологии полевого и лугопастбищного кормопроизводства, предусматривающие типизацию агроландшафтов для целей кормопроизводства, учет их природно-ресурсного потенциала, методы и приемы адаптивных технологий и отдельных технологических операций к лимитирующим факторам и условиям произрастания основных групп кормовых культур (зернофуражные, силосные, корнеплоды) и луговых трав.

В полевом кормопроизводстве разработана технология создания и использования на осушенных землях нетрадиционной для гумидной зоны высокопродуктивной бобовой силосной культуры - козлятника восточного, преимущества которого (по сравнению с традиционными силосными культурами - кукурузой и однолетними бобово-злаковыми травосмесями): продуктивное долголетие на протяжении 7-8 и более лет; повышенный выход зеленой массы (при 2-х укосном отчуждении 300-400 ц/га) с высоким содержанием протеина (до 16% к абс. сухой массе); отпадает потребность в азотных удобрениях; затраты совокупной энергии на возделывание и уборку этой культуры не превышают 14-18 ГДж/га, что в 1,5-2,0 раза ниже затрат на возделывание традиционных силосных культур.

Разработаны адаптивные технологии создания на осушенных пахотных землях зеленого и сырьевого конвейеров с использованием разнопоспевающих сортов клевера лугового, включая ультрараннеспелые сорта (Ранний-2, Марс, Трио), козлятника восточного и люцерны, в одновидовых и смешанных со злаковыми травами посевах, обеспечивающих устойчивую среднегодовую урожайность на уровне 300-350 ц/га зеленой массы, бесперебойное поступление кормовой массы в течение всего весенне-летнего периода.

В лугопастбищном кормопроизводстве на осушенных мелиорированных землях предложены многовариантные технологии создания и использования высокопродуктивных сенокосов и пастбищ с продуктивностью, в зависимости от ландшафтных особенностей, кормовых угодий и уровня интенсификации луговодства в пределах 3,0-5,0 тыс.корм. единиц с 1 га и более.

Наряду с землями регулярного орошения крупным резервом кормопроизводства являются потенциально продуктивные массивы ирригационно-освоенных луговых лиманов, с которых ранее собирали до 1 млн. тонн дешевого сена, а также пастбища - культурные орошаемые и естественные.

В сельскохозяйственных предприятиях Российской Федерации под пастбищами занято более 62 млн. га (29 % от общей площади сельскохозяйственных угодий), из них улучшенных 4,2 млн. га. Продуктивность пастбищ низкая (2-10 ц к.ед. 1 га). На пастбищах степной зоны отмечается сильный сбой дернины, а в полупустынной - опустынивание. Деграционные процессы на естественных пастбищах, обусловленные как природными, так и антропогенными факторами, ведут не только к вырождению травостоев, снижению их продуктивности и кормовых достоинств, но и деграции пастбищных земель в целом.

Разработанная учеными ВНИИГиМ, ПНИИАЗ и др. система мероприятий предусматривает комплекс мер, направленных на рациональное использование пастбищ, а также восстановление деградированной их части.

К сожалению сложившаяся на протяжении последних десятилетий практика использования аридных пастбищ не отвечает требованиям рационального ведения пастбищного хозяйства. Долгие годы повсеместно практиковался бессистемный сверхнормативный, бесконтрольный способ использования пастбищных ресурсов, что привело к деградации природных пастбищ утрате естественного генофонда трав. В настоящее время в районах традиционного пастбищного животноводства юга России значительные площади природных пастбищ (50-60%) сбиты и эродированы, существенно снижен уровень из плодородия, хозяйства терпят значительные экономические убытки.

Водопотребление многолетних пастбищных трав, превышающее примерно в два раза водопотребление однолетних кормовых культур, определяет высокую их отзывчивость на орошение в большинстве почвенно-климатических регионов Европейской части России. Для обеспечения требуемого водопотребления пастбищных трав на протяжении периода вегетации необходимо дополнительно к естественным осадкам дать на каждый гектар орошаемого пастбища от 1...2 тыс. м<sup>3</sup> воды в северо-западных и центральных областях Европейской части России, 3...4 тыс. м<sup>3</sup> - в степных районах Центрально-Черноземной полосы, Поволжского и Северо-Кавказского регионов, до 7...8 тыс. м<sup>3</sup> - в условиях сухих степей и полупустынь Нижней Волги, Северного Прикаспия, Калмыкии.

Затраты на орошение окупаются высокой урожайностью пастбищных трав, составляющей на поливе 40-50 и более т/га зеленой массы, что позволяет содержать на каждом гектаре 3..5 коров, в то время, как на неорошаемых травостоях нагрузка в различных зонах составляет 0,5...2 головы молочного крупного рогатого скота.

Во ВНИИГиМ и Волгоградском комплексном отделе разработаны и запатентованы эффективные технологии формирования пастбищных систем различных типов, предложены методы их оценки.

В частности, технология создания долголетних осенне-зимних пастбищных экосистем включает посев параллельно чередующимися рядами в чистом виде семян одно- и многолетних кормовых культур, сходных по технологии возделывания и различающихся по содержанию питательных веществ.

Технологии создания долголетних пастбищных экосистем круглогодичного пользования целесообразно использовать в районах полупустынь и сухих степей. Такие системы состоят на 20% из галофитных и ксерофитных кормовых кустарников, 65% полукустарников и 15% трав. Они могут быть пригодны для любого сезона года. Урожайность травянистой части даже в неблагоприятные годы достигает 2,5 т/га сухой кормовой массы.

Технология создания пастбищных экосистем весенне-летнего срока использования обеспечивает среднюю урожайность весенне-летних пастбищ 1,0...1,5 т/га сухой кормовой массы. Даже в острозасушливые годы продуктивность восстановленных пастбищ составила 0,6...0,8 т/га. На естественных пастбищах не выше 0,3 т/га.

Разработан также способ оценки кормовых достоинств долголетних пастбищных экосистем (патент РФ № 2278501, от 27 июня 2006 г.; авторы: Кизяев Б.М., Бородычев В.В., Салдаев А.М. и др.).

Прикаспийский НИИ аридного земледелия разработаны и реализуется «Программа освоения адаптивных систем и природоохранных технологий восстановления природно-ресурсного потенциала и повышения продуктивности аридных территорий РФ» (2005-2012 гг.).

Созданы технологии возделывания засухо-, жароустойчивых многолетних злаково-бобовых трав на сено и семена на старопахотных землях полупустынной степи Северного Прикаспия, позволяющая увеличить продуктивность естественных кормовых угодий в 8-10 раз, урожайность сена до 2,5 т/га, семян до 2-4 ц/га.

Осваивается «Адаптивная система дифференциации режимов орошения полевых культур в условиях гидромелиорируемых ландшафтов Северо-Западного Прикаспия.

Сформирован «Банк данных по мониторингу степных и пойменных лиманов».

Этот перечень можно продолжить.

Таковы наши предложения, образно говоря, общий план, паллиатив, который некоторым образом, может служить ориентиром для ученых и практиков при реализации Национального проекта «Развитие АПК». Далее должны работать профессионалы.

Так или иначе, проигнорировать это важнейшее событие не удастся. Необходимо идентифицировать (позиционировать) себя в этом процессе. Ему будет посвящен ряд мероприятий в формате совместного бюро нескольких отделений, летней научной сессии Россельхозакадемии. Самоустранение же приведет впоследствии к мерам чрезвычайным и значительно более дорогостоящим.

УДК 631.6

## **КОМПЛЕКСНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ АПК ЗАСУШЛИВОЙ ЗОНЫ**

**И.П. Кружилин**

ФГНУ ВНИИОЗ, Волгоград, Россия

Сельское хозяйство и, в первую очередь растениеводство, является основным поставщиком продовольствия для все возрастающего по численности населения планеты. По данным ФАО [7] на долю продукции растениеводства

приходится более 93 % потребляемых продуктов питания, с которыми в организм человека поступает около 80 % протеина (табл. 1).

Таблица 1 - Потребление населением планеты продуктов питания и протеина, %

№ п/п	Виды продуктов питания	Сухая масса	Протеин
1.	Зерно	70	54
2.	Клубни и корнеплоды	9	5
3.	Сахар	5	-
4.	Бобы	6	16
5.	Овощи	2	4
6.	Фрукты	1,2	0,8
1...6	Всего растительного происхождения	93,2	79,8
7.	Продукты животноводства и рыбоводства	6,8	20,2

Из приведенных в таблице 1 данных видно, что в структуре потребляемых продуктов питания зерно занимает 70 % общего объема их и поставляет в организм человека более половины протеина. Учитывая особую значимость зерновой группы в питании людей, ФАО с 1973 г. рекомендовало продовольственную безопасность страны оценивать по объему производства зерна на душу населения не менее 600 кг в год [6]. В дополнение к этому учитывается физическая и экономическая доступность продовольствия разным категориям населения, а также степень зависимости страны от импорта зерна, объем которого не должен превышать 20 %.

Известно, что основным средством производства продуктов питания растительного происхождения является земля. Однако возможность достаточного обеспечения населения продовольствием по меркам безопасности страны, региона, хозяйства оценивается не только наличием земель сельскохозяйственного назначения вообще и пашни, в частности, но и биоклиматическим потенциалом их продуктивности, вложением труда и средств, направленных на реализацию этой продуктивности (рис. 1).

По наличию основного средства производства продовольствия, площади пашни (130 млн. га), Россия входит в тройку лидирующих стран, уступая в этом США (186 млн. га) и Индии (166 млн. га). В расчете на душу населения в нашей стране приходится 0,83 га пашни, что в 3,6 раза больше среднемирового показателя [5]. Лучше россиян пашней обеспечены австралийцы (2,66 га) и жители Канады, имеющие на каждого 1,66 га. При такой обеспеченности пашней наша страна, казалось бы, не только не должна испытывать дефицит в продуктах питания, но и иметь определенные обязательства перед мировым продовольственным рынком.

Однако при минимальном безопасном для страны уровне 90 млн. т объем производства зерна в последние годы изменялся от 83 млн. (2001 г.) до 50 млн. т (1998 г.), т.е. ниже уровня продовольственной безопасности.



Рисунок 1 - Блок-схема оценки возможного производства продовольствия

Поэтому доля импорта продуктов питания в нашей стране, в первую очередь животного происхождения, в разные годы составляла 30...50 % и более.

Спады производства зерна и кормов для животноводства, которое питается исключительно продукцией растительного происхождения, приходились на засушливые годы. Связано это с тем, что около 80 % пашни в нашей стране расположено в засушливой зоне, где до сих пор не приняты необходимые меры по защите посевов от засух и суховеев. А сводятся они к переводу растениеводства на освоение научно обоснованных систем «сухого» земледелия, проведению оросительных, обводнительных, полезащитных лесных и других видов мелиораций [1, 4].

Основные положения, учитывающие особенности отечественного земледелия, сочетание видов и объемов мелиорации земель, обеспечивающих высокую продуктивность и устойчивость растениеводства в засушливых условиях, разработаны российскими учеными В.В. Докучаевым, П.А. Костычевым, А.И. Воейковым, А.Н. Костяковым, А.Н. Каштановым и другими [1, 2, 3, и др.]. Грамотное применение этих научных разработок способствует не только повышению продуктивности полей и стабилизации экономики сельских товаропроизводителей, но и получению конкурентоспособной на мировом рынке сельскохозяйственной продукции.

Комплексная мелиорация земель в засушливой зоне, основоположником научного обоснования которой в нашей стране по праву считается академик А.Н. Костяков, по данным Всероссийского НИИ орошаемого земледелия на светло-



каштановых орошаемых почвах ОПХ «Орошаемое» способствовала повышению урожайности озимой пшеницы, по сравнению с неорошаемой, в среднем за 24 года в 3,7 раза и коэффициента устойчивости с 0,46 до 0,93, кукурузы на зерно и силосную массу соответственно в 4,6 и 6,6 раза и с 0,52 и 0,32 до 0,92...0,93. Аналогичные данные по повышению урожайности и коэффициента устойчивости получены и по другим культурам.

Значительное участие оросительных мелиораций в решении продовольственной проблемы подтверждается широкой практикой мирового и отечественного земледелия. Так, например, с имеющихся в настоящее время в структуре пашни 18 % орошаемых земель получают продукцию, которой питается почти половина человечества планеты. В Российской Федерации с поливных угодий занимавших в конце 80-х годов прошлого столетия 4,5 % пашни, получали в денежном выражении до 14 % всей продукции растениеводства. Иными словами каждый орошаемый гектар по объему получаемой с него продукции был эквивалентным трем неорошаемым. И это при том, что потенциал продуктивности поливного гектара в то время использовался не более чем на 50 % [4].

Анализ дефицита производства зерна в Российской Федерации в засушливые годы показывает, что для обеспечения продовольственной безопасности объема производства его необходимо увеличить на 30...32 млн. т. Решить эту проблему, наряду с освоением системы «сухого» земледелия, возможно за счет расширения площади орошаемых земель до 10...12 млн. га и повышения продуктивности поливного гектара в среднем по стране до 7,0 тыс. корм. ед. Тогда общий вклад орошаемого земледелия в объем производства продукции растениеводства возрастет до (70...84) млрд. корм. ед., включающих гарантированный сбор 25...30 млн. т зерна. Достижение необходимой для обеспечения продовольственной безопасности страны минимальной площади орошаемых земель возможно при самом бережном отношении к сохранению имеющегося их фонда и планомерном последовательном наращивании площади до необходимого минимума. Реальность выполнения поставленной задачи подтверждается опытом развития орошения в Российской Федерации, уже имевшей в 1990 г. площадь поливных угодий 6,16 млн. га, продуктивность которых достигала 4,2...4,3 тыс. корм. ед. с 1 га [2].

Сохранение сложившихся в 1970...1990 гг. темпов прироста площади и повышения продуктивности орошаемых земель позволило бы уже во втором десятилетии 21 века придать сельскому хозяйству России необходимую устойчивость и продовольственную безопасность. Но обрушившаяся в конце восьмидесятых годов прошлого столетия критика мелиорации, в основу которой были положены обвинения в разрушении мелиорацией естественных природных ландшафтов, высокая их затратность, несоблюдение экологических ограничений и другие негативные последствия, прежде всего, водных мелиораций, способствовали не только прекращению наращивания площади, но и потере уже

имеющихся орошаемых земель. За период с 1990 по 2000 гг. площадь поливных угодий в целом по Российской Федерации уменьшилась с 6,16 млн. до 4,47 млн. га, или на 27 %, по Северному Кавказу на 20, Поволжью - 32 %. И только после 2000 г. наметился слабый прирост площади орошаемых земель (табл. 2).

Таблица 2 - Динамика наличия и состояния орошаемых земель в Российской Федерации, млн. га

Показатели характеристики	Годы			
	1990	1995	2000	2004
Наличие площади	6,16	5,00	4,47	4,55
Мелиоративное состояние:				
хорошее	4,09	3,21	2,69	2,59
удовлетворительное	1,23	1,05	1,05	1,04
неудовлетворительное	0,84	0,72	0,70	0,92
Из общей площади не поливалось	1,28	1,49	1,70	2,12

Наряду с уменьшением площади снизилась и продуктивность орошаемого гектара в среднем по России с 4,2...4,3 тыс. до 2,8...2,9 тыс. корм. ед. в 2000 г. Произошло это из-за снижения общей культуры земледелия, ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель, нарушения режима поливов сельскохозяйственных культур, внесения удобрений и защиты растений от сорняков, болезней и вредителей. Все это сопровождалось не только потерей продуктивности растений, но и плодородия почвы, свидетельством чему является дефицит гумуса в почве (табл. 3).

Таблица 3 - Показатели дефицита гумуса в пахотном слое почвы в России и регионах, т/га (по данным К.В. Дьяконовой) [2]

Природно-экономические регионы	В среднем на 1 га пашни	
	дефицит гумуса	потребность в навозе
Россия	0,52	6,5
Центрально-Черноземный	0,63	7,0
Поволжский	0,46	3,7
Северо-Кавказский	0,72	5,8
Уральский, черноземная часть	0,41	4,6
Западно-Сибирский	0,41	4,9
Восточно-Сибирский	0,51	6,8

Отсутствие в новых экономических условиях до настоящего времени механизма финансирования на поддержание в работоспособном состоянии внутрихозяйственной оросительной и дренажно-сбросной сети, гидротехнических и других сооружений, проведения капитального ремонта, обновления работающих за нормативным сроком службы технических средств полива создает дополнительные трудности в нормальной эксплуатации оросительных систем в целом. Такое безразличное отношение государства, владельцев или пользователей мелиоративными фондами к гидромелиоративным системам нельзя признать нормальным. В условиях частной собственности на средства производства нужны новые, экономически стимулирующие подходы к совершенствованию технической эксплуатации и эффективному использованию мелиоративных фондов.

Сейчас настало время и дальше медлить нельзя с остановкой снижения площади орошаемых земель за счет перевода их в неорошаемые. Необходимо определить источники и привлекательные формы финансирования работ по поддержанию в работоспособном состоянии внутрихозяйственной части оросительных систем. Без активного участия государства в льготном финансировании пользователей мелиоративными фондами, разработку по этим вопросам необходимых нормативных документов эта проблема не будет решена. Не может оставаться на сложившемся уровне и продуктивность орошаемых земель. До 2010 г. ее надо поднять в среднем по Российской Федерации до 4,5...5,0 тыс. корм. ед. с 1 га. Для этого необходимо урожайность ежегодно наращивать на 0,25...0,30 тыс. корм. ед./га, или на 13...14 т/га зеленой массы кормовых культур. Решение этой проблемы связано с устранением образовавшегося в почве дефицита питательных веществ (табл. 4).

Таблица 4 - Баланс питательных веществ (N, P, K), кг д.в./га пашни [2]

Показатели	В среднем за годы						
	1971... 1975	1976... 1980	1981... 1985	1986... 1990	1991... 1995	1996... 2000	2001... 2004
Внесено с удобрениями, в том числе:	76	100	130	147	57	16	17
с минеральными	48	65	83	99	36	11	12
органическими	28	35	47	47	22	5	5
Вынос, всего	110	116	110	128	120	81	85
из них: с урожаем	84	90	85	103	94	60	64
с сорняками	26	26	25	25	26	21	21
Баланс, ±	-34	-16	+20	+19	-63	-65	-68

Если две пятилетки 80-х годов прошлого столетия характеризовались бездефицитным балансом питательных веществ в почве пашни, то, начиная с девяностых и кончая 2004 годом, размер дефицита NPK в почве превысил 60 кг д.в./га. Причем, восполнение дефицита NPK должно быть осуществлено с соблюдением требований охраны окружающей среды и получения экологически безопасной продукции.

Серьезной проблемой остается обеспечение поливами всех имеющихся орошаемых земель. В настоящее время числящихся орошаемыми, но не получающих поливы, насчитывается почти половина площадей. Зачастую освоение их под поливы не всегда связано с привлечением значительных финансовых вложений. Значительная часть таких площадей нуждается в обеспечении техническими средствами полива, проведении капитального ремонта или реконструкции оросительной и дренажно-сбросной сети, гидротехнических сооружений. В большинстве случаев реанимация таких орошаемых участков по удельным затратам на единицу площади конкурентоспособна со строительством новых. Отсюда на первом этапе использования орошаемых земель в решении проблемы перевода сельского хозяйства к достаточному по требованиям продовольственной безопасности производству продуктов питания и устойчивому развитию необходимо всю имеющуюся площадь поливных угодий, порядка 4,5 млн. га, освоить под посевы сельскохозяйственных культур и проведение поливов, повысив продуктивность поливного гектара до 4,5...5,0 тыс. корм. ед. Это позволит получать с орошаемых земель продукции в объеме  $(20...22) \cdot 10^9$  корм. ед., в том числе немногим более 4,0 млн. т зерна.

На втором этапе развития орошения, ориентировочно до 2015 г, нам представляется возможным площадь поливных угодий расширить до уровня 1990 г., т.е. 6,0...6,5 млн. га. Благодаря этому и повышению продуктивности до 7,0...7,5 тыс. корм. ед. с 1 га общий сбор продукции с поливных плантаций возрастает до  $(42...48) \cdot 10^9$  корм. ед., включая 10...12 млн. т зерна. Решение поставленной задачи станет возможным при ежегодном наращивании площади орошаемых земель в среднем по РФ на 300...400 тыс. га и продуктивности - 400...600 корм. ед. Выход на такой объем получения с орошаемых угодий продукции решает проблему обеспечения населения страны отечественными овощами, рисом, в значительной степени продовольственным зерном, а животных - кормами.

Следует отметить, что расширение площади поливных земель до 6,0...6,5 млн. га будет ориентировано не только на восстановление существовавших ранее. Часть оросительных систем, реконструкция которых обойдется дороже строительства новых или окажется не безопасной для окружающей среды, останутся за пределами мелиоративного фонда. На смену существовавшим должны появиться новые, технически совершенные, экологически безопасные, ресурсосберегающие системы орошения. Основными требованиями на право существования как подлежащих строительству новых, так и реконструкции суще-

ствовавших оросительных систем, должны стать адаптивностью к ландшафтным особенностям зоны их размещения, совместимость, рассчитанная на получение синергетического эффекта, с другими видами мелиорации, экономическая эффективность и экологическая безопасность. В дополнение к преобладающему в настоящее время почти на всех не рисовых оросительных системах поливу дождеванием должны получить распространение водосберегающие технологии капельного, внутрпочвенного, аэрозольного и других способов орошения. Думается, что среди них найдется место и поверхностному орошению.

Орошаемое земледелие относится к одному из наиболее сильных источников антропогенного воздействия на природную среду и, прежде всего, почву. Проявляется это в замене эволюционно адаптированных фитоценозов на более продуктивные, но и требовательные к условиям существования агрофитоценозы, отзывчивые прибавкой урожая на орошение, внесение удобрений, биоцидов, химмелиорантов и других улучшителей условий функционирования растений. Тем самым, в зависимости от степени сбалансированности энерго-массообмена в агро-мелиоративных ландшафтах они испытывают положительное или отрицательное антропогенное воздействие на их динамику. Чтобы избежать деструктивного антропогенного воздействия на мелиорированные агроландшафты, освоение орошаемых земель и их использование должно основываться на разработке и последовательном освоении адаптивно-ландшафтных систем орошаемого земледелия. При разработке таких систем необходимо руководствоваться, прежде всего, размещением на поливных угодьях сельскохозяйственных культур, продукция которых активно востребуется рынком. Плановая урожайность их должна обосновываться, по возможности, наиболее полным освоением природного и хозяйственного потенциалов, получения высококачественной по потребительским свойствам продукции с соблюдением требований охраны окружающей среды и других экологических ограничений.

Чем выше планируемая продуктивность сельскохозяйственных культур, тем больше почва и окружающая среда испытывают антропогенный прессинг, тем жестче должны соблюдаться требования экологических ограничений. Поэтому для предупреждения негативного влияния орошения на почву и окружающую среду, своевременного принятия мер, ограничивающих возможность появления деструктивных процессов на орошаемых землях, необходима организация локальных и региональных специализированных эколого-мелиоративных мониторингов. Создаваемая на их основе база данных позволяет своевременно принять организационно-хозяйственные и технические решения, направленные на повышение продуктивности до нормативных (проектных) показателей, поддержание орошаемых земель в благоприятном мелиоративном состоянии, сохранение или наращивание почвенного плодородия.

Гарантированное получение достаточного по продовольственной безопасности объема отечественных продуктов питания в засушливые годы, а это зна-

чит, что сельское хозяйство страны будет переведено на устойчивое развитие, станет возможным только при расширении площади орошаемых земель до 10...12 млн. га. Произойдет это, если в России будет принята и последовательно осуществляться государственная программа обеспечения продовольственной независимости, ориентировочно не ранее 2022...2025 гг. Со всей площади орошаемых земель тогда при продуктивности 1 га 7 тыс. корм. ед. представится возможным получать продукции в объеме  $(70...84) \cdot 10^9$  корм. ед., включающих недостающие в засушливые годы 30 млн. т зерна.

Таковы в общих чертах актуальные проблемы и перспективы развития оросительных мелиораций в засушливой зоне, способствующие в комплексе с другими видами мелиораций реализовать потенциал продуктивности климата, растений и почвы на устойчивее развитие сельского хозяйства.

### **Литература**

1. Докучаев В.В. Наши степи - прежде и теперь, С.Пт 1892
2. Концепция мелиораций сельскохозяйственных земель в России. Под общей редакцией А.В. Гордеева и Г.А. Романенко, М.: ФГНУ УНТИ «Мелиоводинформ». 2006, - 42 с.
3. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М. Колос. 1960
4. Кружилин И.П. Орошение - гарант устойчивого земледелия в засушливых зонах России. М., Вестник Россельхозакадемии. 2000, № 5. - С. 17...21.
5. Романенко Г.А., Тютюнников А.И. и др. Агропромышленный комплекс России. Состояние, место в АПК мира, М., 1999 - 540 с.
6. Шаркань, Пал. Мировая продовольственная проблема. М., Экономика, 1982 - 216 с.
7. FAO (Ed) Yearbook. Production. 1998. vol. 52. FAO Rome, 1999, 398 pp.

УДК 631.6: 502 .65

## **КОНЦЕПЦИЯ А.Н. КОСТЯКОВА О РОЛИ ПОЧВ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕЛИОРАТИВНОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ В РОССИИ**

**Ф.Р. Зайдельман**

Факультет почвоведения МГУ им М.В.Ломоносова, Москва, Россия

В обширном наследии академика Алексея Николаевича Костякова, посвящённом проблемам теории и практике сельскохозяйственных мелиораций, особое место занимает его концепция о роли почв в их решениях. В ней рассмотрены вопросы об объекте мелиорации, методы оптимизации режимов почв в разных природных зонах, задачи сельскохозяйственных мелиораций. Идеи, положенные А.Н. Костяковым в основу этой концепции около полувека тому назад, актуальны и в настоящее время.

Особое значение в этой связи приобрёл вопрос о том, что является объектом (или как писал А.Н. Костяков - предметом) сельскохозяйственной мелио-

рации - почва или земля? Ответ на этот вопрос содержится в концепции А.Н. Костякова, которая в завершённом виде была опубликована им в 1951 году в 5-ом издании фундаментального учебника «Основы мелиорации». Теоретическая основа этой концепции, как подчёркивал А.Н.Костяков, заключается в том, что «взаимосвязь мелиорации и направления почвообразовательного процесса определяют применение генетических принципов при рассмотрении мелиоративных вопросов и процессов...» (с.3). А.Н.Костяков так определял роль почв и задачи мелиораций: «Сельскохозяйственные мелиорации в комплексе с агротехникой имеют задачей повышение плодородия почв..., т.е. создание нужного для растений водного и связанного с ним воздушного, питательного и теплового режимов почв. Изменяя водный режим почв мелиорации влияют на развитие почвообразовательного процесса, на изменение почвенных, климатических и гидрологических условий мелиорируемых территорий в нужном для нашего хозяйства направлении. Воздействуя непосредственно, главным образом, на водный режим, мелиорации оказывают большое влияние на воздушный, тепловой и питательный режимы почв, на повышение их плодородия» (с. 11).

Таким образом, А.Н. Костяков рассматривал почвы разного генезиса как непосредственный объект мелиорации и видел её основную задачу в оптимизации их гидрологического и других режимов, в повышении плодородия. При этом он обращал особое внимание на необходимость оценки влияния мелиорации на почвообразовательные процессы, на вторичные изменения свойств и режимов почв.

Глубокое понимание А.Н. Костяковым значения генезиса почв, их свойств и режимов было естественным следствием его становления как учёного-энциклопедиста. Он являлся непосредственным учеником выдающегося почвовед-агронома и мелиоратора Василия Робертовича Вильямса. В основанной А.Н. Костяковым гидромодульной лаборатории на территории Бутырского хутора в Москве выполнялись исследования свойств, режимов и почвообразовательных процессов почв как объекта мелиорации. В частности, в этой лаборатории начинал свою работу, посвящённую изучению закономерностей миграции солей в почвах, выдающийся почвовед, геохимик и мелиоратор будущий академик АН СССР Борис Борисович Полынов. Трудом Б.Б.Полынова, выполненными в гидромодульной лаборатории А.Н. Костякова, были создана новая наука - геохимия, теория засоления и рассоления почв, учение о корках выветривания и впервые сформулировано понятие о критической глубине залегания грунтовых вод.

А.Н. Костяков всегда работал в тесном содружестве со многими яркими почвоведом своего времени - профессором Петровской сельскохозяйственной академии А.Г. Дояренко, с профессором Л.П.Розовым (заведующим кафедрой мелиоративного почвоведения МГМИ), с чл.- корр. А.Н. СССР профессором

В.А. Ковдой, который после безвременной кончины Л.П.Розова возглавил эту кафедру, со многими другими выдающимися исследователями почв. В значительной мере личными качествами, образованием, научными и практическими интересами, постоянными тесными контактами с почвоведом-мелиоратором можно объяснить глубокое проникновение А.Н. Костякова в существо почвообразовательных процессов, его понимание свойств и режимов почв разных природных зон страны, рациональное представление о взаимосвязи почв с необходимым комплексом мелиоративных и агрономических мероприятий по оптимизации их плодородия.

А.Н. Костяков придавал большое значение учёту специфики зональных условий при мелиорации почв. В соответствии с законом В.В. Докучаева о зональности почв А.Н. Костяков обращал особое внимание на состав мелиоративных мероприятий в различных природных зонах страны. А.Н.Костяков следующим образом подчёркивал своё видение этой проблемы: « В северных и северо-западных районах Советского Союза ...имеет место подзолистый период почвообразовательного процесса...здесь наблюдается превышение атмосферных осадков над испарением и стоком; в условиях повышенной влажности и недостатка аэрации в почве преобладают анаэробные процессы, обуславливающие накопление органического вещества, что влечёт ...дальнейшее ...заболачивание почв» (с.11). Поэтому « В условиях избыточного увлажнения ...мелиорации здесь должны быть направлены на усиление аэрации и повышение температуры почвы, обеспечение аэробных процессов разложения органического вещества путём устранения избытков воды, поддержания нужного режима влажности и соответствующих систем обработки и удобрений почвы» (с.11).

Напротив, «в условиях недостаточного увлажнения дефицитными являются содержание влаги в почве, что влечёт повышение концентрации почвенных растворов и температуры почвы; поэтому мелиорации здесь должны быть направлены на восполнение недостатков влаги, снижение испаряемости и температуры почвы путём дополнительного увлажнения почвы, соответствующей агротехники и изменения микроклимата приземного слоя воздуха...» (с. 13). Принципиальная позиция А.Н. Костякова заключалась в том, что «Сельскохозяйственные мелиорации в сочетании с другими конкретными агротехническими мероприятиями должны осуществлять и поддерживать на данной территории нужный водный и связанный с ним питательный и тепловой режимы почв и регулировать их в нужном ... направлении» (с. 24).

Подводя итоги рассмотрению концепции А.Н. Костякова о сельскохозяйственных мелиорациях необходимо подчеркнуть её главные положения.

Во-первых, непосредственным объектом (или предметом) мелиорации являются почвы и почвообразовательные процессы.



Во-вторых, мелиорации должны быть направлены на оптимизацию свойств и режимов почв, в первую очередь их водного режима.

В-третьих, мелиорации почв должны быть согласованы с особенностями почвообразовательных процессов и зональностью мелиорируемой территории.

Исходя из этих принципов, А.Н. Костяковым было создано учение о сельскохозяйственных мелиорациях почв. Актуальность этого учения определялась тем, что в его основу было положено представление о почвах как естественно-исторических образованиях со своими индивидуальными свойствами и режимами, биотой и плодородием, особенностями эволюционного развития.

В этой связи следует подчеркнуть, что информация о почвах при мелиоративном проектировании поступает в виде материалов почвенно-мелиоративных изысканий и исследований. Эти сведения позволяют обосновать решение следующих пяти принципиально важных вопросов проектирования:

во-первых, оценить причины возникновения неблагоприятных свойств почв (заболоченности, засоленности, солонцеватости, слитости, каменистости и др.) и на этой основе определить метод мелиорации;

во-вторых, установить степень проявления этих свойств, оценить целесообразность применения и площади мелиорации;

в-третьих, изучить свойства и режимы почв, необходимые для расчёта параметров мелиоративных систем, и обосновать способы мелиорации почв;

в-четвёртых, оценить плодородие почв и установить очерёдность мелиоративного строительства;

в-пятых, обосновать прогноз изменения свойств и режимов почв в условиях длительной эксплуатации мелиоративных систем.

Эти задачи в дореволюционной России и в СССР всегда решались в результате обязательного выполнения почвенно-мелиоративных изысканий в составе комплекса инженерных изысканий для обоснования каждого мелиоративного проекта. В этой связи следует вспомнить, что по инициативе Г.К. Ризенкампа первая почвенно-мелиоративная карта в России была составлена для обоснования проекта ирригации почв Голодной степи выдающимся почвоведом (в дальнейшем - академиком) Н.А. Димо. Проект был успешно защищён в Департаменте земельных имуществ России в 1913 г., а материалы почвенно-мелиоративных изысканий, в частности, послужили составлению первой прикладной классификации засоленных почв Центральной Азии.

Однако рассмотренные выше пять основных направлений анализа почв при мелиоративном проектировании оказались весьма целесообразными не только для разработки конкретной мелиоративной проектной документации. Они позволили, в частности, разработать и новые эффективные способы мелиорации, обеспечивающие оптимизацию свойств, режимов и плодородия почв. В частности, к ним относятся мероприятия по мелиорации почв содового засоления (работы коллектива авторов Армянского института почвоведения, агро-

химии и мелиорации под руководством профессора Г.П. Петросяна); самомелиорации солонцов (предложение профессора В.А. Ковды и А.Ф. Большакова), и их многоярусной вспашки (метод профессора И.Н. Антипова-Каратаева - Почвенный институт им. В.В. Докучаева); их землевания (метод профессора Н.В. Орловского - Убинская ОМС); агрофитомелиорации полупустынных почв (метод профессора А.А. Роде и академика В.Н. Сукачёва - Почвенный институт им. В.В. Докучаева и институт леса АН СССР), а также осушение заболоченных почв субтропиков с помощью комбинированных мелиоративных систем, сочетающих закрытый керамический или пластмассовый дренаж и квали с мелкими выводными каналами (предложение профессора Р.И. Паписова - институт почвоведения и агрохимии Грузинской ССР); осушение тяжёлых структурных почв Дальнего Востока закрытым дренажем (предложение А.Н. Степанова, ДальНИИГИМ); внедрение дренажа на орошаемых почвах для их защиты от заболачивания и вторичного засоления (рекомендации профессора В.А. Ковды) и другие эффективные способы мелиорации почв, разработанные почвоведом, мелиораторами, ботаниками и представителями других областей науки и практики.

Весь накопленный за последние десятилетия опыт мелиорации в СССР и в России свидетельствует о том, что незнание или непонимание мелиоративных особенностей, свойств и режимов почв всегда сопровождается серьёзными ошибками, приводящими к их деградации или уничтожению. Такие примеры весьма многочисленны. Упомянем некоторые. В гумидной зоне Восточно - Европейской равнины - это глубокое осушение низинных болот с отрывом грунтовых вод от торфяных горизонтов; практически повсеместное невыполнение мероприятий по организации и ускорению поверхностного и внутрпочвенного стока на осушаемых тяжёлых почвах с помощью разных способов гидро- и агромелиораций; пирогенная деградация осушаемых торфяных почв и их тотальное уничтожение (особенно на самотёчных системах и в условиях глубокого дренажа).

В степной и пустынной зонах - это систематические переполивов, вызывающие анаэробизм и оглеение орошаемых чернозёмов и каштановых почв, их подкисление, оподзоливание и слитизацию; это опережение сроков ирригационного освоения почв по сравнению со сроками ввода в действие дренажа, приводящее к последующему осолонцеванию и засолению почв; вовлечение в орошение маломощных каштановых и чернозёмных почв, близко подстилаемых галечниковым аллювиом; образование на значительных территориях юга России мочаров, мочарных ландшафтов, в границах которых происходит интенсивное заболачивание и засоление почв; это опасное вовлечение в орошение гипсоносных тяжёлых слабо водопроницаемых почв с крупнокристаллическим гипсом, не поддающихся промывкам и рассолению.

Перечень таких негативных явлений, приводящих к глубоким деградиционным изменениям почв или их гибели, может быть существенно дополнен. Однако и изложенного достаточно для того, чтобы признать необходимость всестороннего изучения свойств и режимов мелиорируемых почв как непосредственного объекта мелиорации, актуальность прогноза их эволюции в новых условиях, определяемых действием мелиоративных систем. Чаще всего негативные явления возникают тогда, когда свойства и режимы почв остаются нераскрытыми на стадии инженерных изысканий или когда такие изыскания не выполняют вообще.

Опасность такого рода существенно усугубляется заменой понятия почва термином земля. Такая замена противоречит концепции А.Н. Костякова о роли почв в решении мелиоративных задач. Она опасна ещё и потому, что земля (в отличие от почв, т.е. естественно-исторических образований) - понятие статистическое и фискальное. Оно не несет необходимой информации об объекте мелиорации, а лишь отражает хозяйственное использование территории и налогообложение, тогда как для обоснования мелиоративных мероприятий необходимо знание конкретных свойств, режимов, генезиса, эволюции и плодородия почв. Без этого обязательного условия невозможно грамотно проектировать, строить и эксплуатировать мелиоративные системы.

Земли, в контурах которых может присутствовать множество почв, как известно, в государственных и других документах подразделяют не по естественным признакам, а по характеру их хозяйственного использования на индустриальные, сельскохозяйственные, городские, лесные, государственного фонда, запаса, особо охраняемые и т.п. Земли не имеют реального водного, температурного и других режимов, а также конкретных физических, химических и других свойств. Поэтому земли не могут быть объектом мелиорации. Отметим, что хорошо представляя эти различия А.Н. Костяков в своих работах применял термин земля только для обозначения площадей массивов мелиорации. Однако всегда, когда рассматривался конкретный объект мелиорации, он анализировал почвы как самостоятельные естественные образования, их конкретные свойства, почвообразовательные процессы и режимы, их плодородие.

Добавим в этой связи, что успех мелиоративных решений может быть достигнут не вообще на основе общего знания почв, а в результате их изучения на наиболее низком классификационном уровне, т.е. по заключению академика Б.Б. Плынова - на уровне почвенных разновидностей, которые последний рассматривал как элементарные ландшафты. Поэтому в основу мелиоративного проекта должны быть положены крупномасштабные (М 1: 1000 - 5000) почвенно-мелиоративные карты, выполненные на контактных материалах аэрофотосъёмки с сечением горизонталями в соответствии с принятым масштабом топографических карт. Практика показывает, что чем детальнее изучены почвы объекта мелиорации в процессе выполнения почвенно-мелиоративных изыска-

ний, тем выше качество проектных решений и построенных мелиоративных систем. Об этом, в частности, свидетельствует многолетний опыт мелиорации почв в Прибалтийских республиках.

Успех мелиоративных мероприятий определяется их адекватностью свойствам и режимам почв. Такие решения принимаются на стадии технического проекта на основе материалов почвенно-мелиоративных и других изысканий и исследований. Однако в настоящее время в мелиоративных проектных организациях практически исчезла почвенно-мелиоративная служба. Сокращена основная масса специалистов, ликвидированы картографические фонды, сданы в аренду производственные помещения, утрачена преемственность знаний в области прикладного почвоведения. Немногие сохранившиеся почвоведы-мелиораторы в проектно-изыскательских институтах работают в настоящее время по нормативам и ценам Госстроя 25-летней давности. Сегодня мелиоративные проекты часто составляют без необходимого почвенно-мелиоративного обоснования. Это обстоятельство нередко оказывается источником серьёзных ошибок. В конечном итоге оно неблагоприятно отражается на качестве проектов мелиорации, на экологической и экономической эффективности мелиоративных систем. Таким образом, в конце 20 века произошло опасное отступление мелиоративной практики от основополагающих принципов мелиорации почв, сформулированных академиком А.Н. Костяковым.

Поэтому для того, чтобы мелиорация почв в стране реально содействовала развитию земледелия, необходимо немедленно восстановить почвенно-мелиоративную службу в проектно-изыскательских мелиоративных институтах России и предусматривать в дальнейшем обязательное выполнение для каждого проекта мелиорации почв полного комплекса детальных почвенно-мелиоративных изысканий.

Необходимость этого актуальна сегодня ещё и потому, что в соответствии с требованиями статьи 49 принятого «Градостроительного кодекса» все проекты мелиорации и результаты инженерных изысканий подлежат федеральной экспертизе. Это требование подкреплено постановлением Правительства Российской Федерации от 5 марта 2007 года и приложения к этому постановлению о порядке проведения государственной экспертизы проектов мелиорации и результатов инженерных изысканий.

В заключение необходимо подчеркнуть следующее. Немедленное восстановление инженерных почвенно-мелиоративных изысканий в каждом проектно-изыскательском институте Российской Федерации обусловлено тем, что в настоящее время практически повсеместно ликвидированы ранее функционировавшие в центральных и областных Гипроводхозах крупные почвенно-мелиоративные коллективы квалифицированных почвоведов - мелиораторов. Как следствие этого сложилась опасная практика проектирования мелиоративных мероприятий на безнадёжно устаревших почвенных материалах или вооб-

ще без всякого почвенно - мелиоративного обоснования. Отсюда необоснованные решения, опасные ошибки, низкое качество многих современных проектов мелиорации почв. Поэтому необходимо возможно быстрее вернуться к принципам мелиорации почв, которые ранее были четко сформулированы А.Н. Костяковым.

Другие виды инженерных изысканий, в отличие от почвенно-мелиоративных, в проектно-изыскательских институтах не были полностью ликвидированы. В Гипроводхозах в настоящее время, как правило, ещё сохранились небольшие группы гидрологов и гидрогеологов - мелиораторов. Но и они нуждаются в срочном укреплении кадрового состава и производственной материально-технической базы.

Наконец следует подчеркнуть необходимость быстрого решения этих вопросов, поскольку иначе мелиоративное проектирование и строительство в стране будут безнадежно оставаться на хронически низком экологическом, техническом и экономическом уровнях.

УДК 631.6 (476)

## **МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ БЕЛАРУСИ И ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ**

**А. П. Лихацевич**

Институт мелиорации, Минск, Беларусь

Осушенные сельскохозяйственные земли составляют 31,9 процента от общей площади сельскохозяйственных угодий республики. Повышение их продуктивности с минимальными затратами является одной из актуальных проблем, от решения которой во многом зависит эффективность сельскохозяйственного производства Беларуси. Именно на этой проблеме сосредоточена работа Института мелиорации, который в настоящее время входит в Научно-практический центр Национальной академии наук по земледелию.

Проблема повышения эффективности работы мелиоративного комплекса многопланова. Ее решение зависит, во-первых, от уровня использования мелиорированных земель, т.е. от результатов работы хозяйств-землепользователей, а во-вторых, – от затрат на проведение ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных системах. Таким образом, первая часть проблемы лежит в плоскости земледелия и растениеводства, а вторая – является типично инженерно-технологической. Причем оторвать одно от другого и рассматривать автономно каждую задачу нельзя, поскольку аграрная и инженерная инфраструктуры мелиоративного комплекса органично взаимосвязаны. Например, от структуры использования мелиорированных земель зависят, прежде всего, требования к водному режиму, обеспечить которые и призваны ремонтно-эксплуатационные работы (РЭР) на мелиоративных системах.

Вместе с тем вполне очевидно, что при экономической оценке результатов сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях необходимо учитывать дополнительные затраты на проведение РЭР. Следовательно, при оценке перспективности сохранения мелиорированных земель в структуре сельхозугодий и выборе кандидатов на вывод из сельскохозяйственного оборота при оптимизации землепользования необходимо учитывать уровень дополнительных затрат, что объективно переводит мелиорированные земли в разряд менее конкурентоспособных по сравнению с равными по плодородию старопахотными (немелиорированными). Эта задача стала особенно актуальной после повышения цен на энергоносители. Вместе с тем, согласно оценкам почвоведов балл бонитета осушенных почв за счет большего содержания органического вещества и лучшей влагообеспеченности, как правило, на 10 ... 15 пунктов превышает балл прилегающих старопахотных земель. Поэтому при оценке перспективности сельхозиспользования мелиорированных земель необходимо учитывать их конкурентоспособность в каждом конкретном случае отдельно.

В отсутствие отдельного учета продуктивности осушенных земель оценка эффективности мелиоративного комплекса ориентируется, прежде всего, на хозяйства с удельным весом осушенных земель в структуре сельскохозяйственных угодий более 70%. Их в республике насчитывается более 170, в том числе в Брестской области – 83, Минской – 35, Гомельской – 34, Витебской – 20.

По данным ранее выполненной инвентаризации мелиоративных систем, более чем на четверти мелиорированных земель Беларуси водный режим не соответствует требованиям сельскохозяйственных культур (табл.1). Недобор урожая при этом в среднем по республике в отдельные годы достигает до 2,5 – 3,0 млн. тонн кормовых единиц. Это вызвано тем, что по причине старения мелиоративных систем снижается их управляемость и, как следствие этого, ухудшается водный режим, который и лимитирует урожай. В этом состоит первая и основная причина низкой продуктивности мелиорированных земель на площади около 0,7 – 0,9 млн. га (табл. 1).

Вторая причина связана с ресурсным и технологическим обеспечением осушенных земель. Структура мелиорированных земель в среднем по республике характеризуется заметным преобладанием луговых угодий (более 55%) над пахотными (менее 45%). Доля лугов особенно возрастает (до 62%) в районах Полесья (табл.1). В то же время система луговодства республики отличается низким уровнем ресурсного обеспечения сенокосов и пастбищ (недостаток перезалужений, удобрений, отсутствие необходимых травосмесей). Основная часть этих угодий (80%) размещается на осушенных землях, что несомненно ограничивает рост продуктивности мелиорированных земель в целом и делает их в значительной мере неконкурентоспособными в сравнении с неосушенными зональными дерново-подзолистыми почвами, представленными в основном

пашней. Этот факт является основной причиной низкой продуктивности примерно на 0,8-1,0 млн. га мелиорированных земель (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика осушенных сельскохозяйственных земель Беларуси

Показатели	Всего	В том числе	
		пашня	сенокосы и пастбища
Осушено, млн. га, в том числе по регионам:	2,9	1,3	1,6
Полесье	1,6	0,6	1,0
Центр	0,7	0,3	0,4
Поозерье	0,6	0,4	0,2
- на минеральных почвах	2,0	1,0	1,0
- на торфяных почвах	0,9	0,3	0,6
- в хорошем состоянии	1,2	0,6	0,6
- в удовлетворительном состоянии	0,9	0,4	0,5
- в неудовлетворительном состоянии	0,8	0,3	0,5

Анализ состояния всех мелиоративных систем Беларуси свидетельствует, что в настоящее время на 1,1–1,3 млн. га при соблюдении научно-обоснованных технологических регламентов можно гарантированно обеспечить получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, превышающих продуктивность пахотных, сенокосных и пастбищных земель без осушения. Эти земли кроме более высокого балла плодородия относительно прилегающих почв имеют значительно более благоприятные технологические показатели. В их числе по меньшей мере 0,8 млн. га пригодны для реализации интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Причем это касается как пахотных, так сенокосных и пастбищных земель.

Что же необходимо предпринять в первоочередном порядке, особенно в организационном плане, чтобы в рамках выполнения Государственной программы возрождения и развития села Беларуси без существенных затрат реально повысить к 2010 году продуктивность пашни на мелиорированных землях в 1,5 раза и довести ее до 52,4 центнера кормовых единиц на 1 гектар, а луговых земель – до 32,8 центнера кормовых единиц на 1 гектар, что будет соответствовать потенциальным возможностям этих земель. Результаты работы на осушенных землях, и особенно в последние годы, свидетельствуют, что этот уровень реален и достижим. В перспективе он может быть существенно превышен. Данный вывод вытекает из анализа хозяйственной деятельности в 2005 году ряда хозяйств с высоким удельным весом мелиорированных земель (табл.2). Примечательно, что рас-

Таблица 2 – Эффективность сельскохозяйственного производства на осушенных землях (2005 г.)  
в ряде передовых хозяйств Беларуси

№ п/п	Хозяйство	Область	Прибыль на 1 баллогектар, тыс. руб.	Площадь с/х угодий, га	Кадастр. балл	Баллогектары	Урожайн. зерна ц/га	Производство на 100 га с/х земель, тонн		Выручка от реализации на 100 га с/х земель тыс. руб.	Прибыль на 100 га с/х земель тыс. руб.
								Молока	Мяса		
1.	РСУП «Племзавод «Закозельский»	Брестская	10,3	3550	26,8	95140,0	40,2	116,4	13,0	117408,5	27662,0
2.	СПК «Федорский»	Брестская	6,5	9947	35,5	353118,5	40,4	57,4	33,6	129787,9	23243,2
3.	СПК «Чырвоная Змена им. К.И. Шаплыко»	Минская	8,3	6982	29,7	207365,4	40,0	78,6	5,6	79934,0	24778,0
4.	СПК «Новополесский»	Минская	8,0	3415	24,5	83667,5	33,9	120,4	9,0	90307,5	19619,3
5.	Совхоз «Слуцк»	Минская	6,6	5399	22,5	121477,5	41,4	39,7	37,1	137914,4	14762,0
6.	СПК «Торгуны»	Витебская	7,4	9248	29,3	270966,4	26,4	66,3	12,7	107807,1	21799,3
	Среднее (1-6)		8,0	6424	28,1	188622,6	37,1	79,8	18,5	110526,6	21977,3
	Республика Беларусь		1,0		29,0		31,9	57,4	11,9	84904,9	2968,9



положение этих хозяйств в различных природных зонах не препятствует высокой эффективности производства.

Таким образом, потенциальная результативность мелиоративного комплекса Беларуси подтверждена практикой работы передовых хозяйств. С общим повышением уровня сельскохозяйственного производства пропорции в прибыли на 1 баллогектар на мелиорированных и старопахотных землях могут несколько нивелироваться, но отрыв в экономической эффективности должен сохраниться. Предпосылкой тому является совершенствование структуры сельскохозяйственного использования мелиорированных земель Беларуси, основанное на адаптивной стратегии земледелия, базирующейся на двух стратегических ресурсах – почвозащите и водосбережении.

В Республиканской программе «Сохранение и использование мелиорированных земель на 2006-2010 годы», разработанной Институтом мелиорации совместно с Департаментом по мелиорации и водному хозяйству Минсельхозпрода Республики Беларусь, эти направления увязаны с типом почвенного покрова. Например, программой предписано, что пойменные земли с осушенными торфяными почвами необходимо исключить из пахотных и использовать только под кормовые культуры длительного пользования, проводя их залужение влаголюбивыми травами. Причем, при удовлетворительном водном режиме торфяно- и торфянисто-глеевые почвы должны использоваться под бобово-злаковые и злаковые многолетние травы длительного пользования.

В свою очередь, антропогенно-преобразованные органоминеральные почвы (содержание органического вещества от 15 до 30 %) следует использовать в системе зернотравяных севооборотов с применением органических и минеральных удобрений. Антропогенно-преобразованные минеральные почвы (содержание органического вещества менее 15 %) необходимо использовать, как и дерново-подзолистые песчаные почвы, с обязательным внесением органических удобрений, посевом сидеральных культур.

Направление, сельскохозяйственного использования мелиорированных земель с неоднородным почвенным покровом определяется удельным весом в их составе остаточных торфяных почв и сформировавшихся органоминеральных и минеральных почвенных разновидностей. При наличии в этих комплексах не менее половины торфяных почв и удовлетворительном водном режиме их следует использовать под луговые земли с подбором соответствующих почвенным условиям компонентов многолетних трав, а при глубоких уровнях грунтовых вод – в зернотравяных севооборотах.

Максимальный выход продукции растениеводства на связных почвах обеспечивает структура площадей, включающая три–четыре поля зерновых в восьми- и девятипольном севооборотах и примерно столько же многолетних трав (например, зерновые культуры – 40 %, многолетние травы – 40, лен, пропашные и однолетние травы – 20 %). Доля озимых культур в структуре зерновых

посевов должна составлять около 50 %, а бобовых культур в структуре многолетних трав – 60-70 %. Такая структура посевных площадей дает возможность размещать возделываемые культуры по лучшим предшественникам.

Мелиорированные песчаные и рыхлосупесчаные почвы, при сохранении их в составе сельхозугодий, рекомендуется использовать в качестве пашни при условии создания бездефицитного баланса органического вещества. Для этого необходимо расширять посевы сидеральных культур, включая возделывание люпина на зерно, а также пожнивных. На легких почвах, где другие бобовые не дают устойчивых урожаев, возделывается донник в смесях с однолетними злаковыми травами.

На выполнение ремонтно-эксплуатационных работ предусмотрено в 2007 – 2010 годы направить 560,3 млрд. рублей (немногим более 260 млн. долл. США) средств республиканского бюджета, за счет которых будут очищены 41 тыс. километров каналов от сверхдопустимого заиления и 38,3 тыс. километров от кустарника, произведен ремонт и обслуживание гидротехнических сооружений, каналов, дренажных систем, насосных станций и дорог, что обеспечит проектные нормы осушения мелиорированных земель на площади 2,2 млн. гектаров. Кроме того, планируется выполнить агромелиоративные мероприятия на площади 162 тыс. гектаров и направить в 2007 – 2010 годы на эти цели 98,2 миллиарда рублей.

Еще одним резервом в повышении эффективности использования мелиорированных сельскохозяйственных земель является скоординированная работа хозяйств-землепользователей и предприятий мелиоративных систем, проводящих ремонтно-эксплуатационные работы. Предприятия мелиоративных систем в соответствии со своими производственными функциями занимаются обслуживанием и ремонтом мелиоративной сети и сооружений на ней. Кроме того, они должны выполнять все предписания агрономической службы хозяйств-землепользователей, касающиеся улучшения мелиоративного состояния осушенных земель. В этой связке достигается общая цель, а в конечном итоге эффективность мелиорации будет определяться доходами, которые формируются в предприятиях, ведущих сельскохозяйственное производство на мелиорированных землях.

УДК 631.6

## **КОМПЛЕКСНОЕ ОБУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИЙ – ДАЛЬНЕЙШИЙ ЭТАП МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ**

**И.П. Айдаров**

Россельхозакадемия, Москва, Россия;

**А.И. Голованов, В.В. Шабанов**

МГУП, Москва, Россия

*Эволюция термина «мелиорация» в трудах А.Н. Костякова.* Мелиорация, как и вся сельскохозяйственная наука в советский период была излишне политизирована, в связи с чем, ее понятие неоднократно менялось в соответствии с

принимаемыми в различные периоды «историческими» решениями Партии. Для того чтобы правильно понять суть дела, необходимо вернуться в прошлое.

В период до 1950 г и позже (после 1966) под давлением власти было принято много необоснованных и даже вредных для страны решений и проектов, существенно дискредитирующих мелиорацию как отрасль. Да и развитие самой мелиоративной науки шло не гладко. Отголоски вмешательства политики в науку ощущаются до сих пор.

Однако прежде, чем говорить о развитии мелиорации, необходимо понять суть ее как науки и роль ее в развитии экономики страны.

В России первым обобщающим понятием мелиорации были земельные улучшения, которые, по мнению Воейкова А.И., были «удивительно точны и ясны» и далее «...дело земельных улучшений состоит в том, чтобы упорядочить воды и растительность и тем подготовить почву для сельскохозяйственной деятельности». Понятие – земельные улучшения – продержалось до 1919 г. В 1923 г. А.Н. Костяков, учитывая, что агроценозы могут нормально функционировать только при постоянной поддержке человека, сформулировал понятие мелиорация следующим образом: ... «мелиорация – это перманентные (длительные) улучшения естественных природных условий сельского хозяйства (ближе говоря, растениеводство в широком смысле) в более благополучные отношения к основным факторам риска – влаге, почвенному воздуху, питательным веществам, строению почвы».

В первом и втором изданиях «Основ мелиораций» (1927 и 1931 гг.) А.Н. Костяков уточнил понятие мелиорация, включив в него слово сельскохозяйственные, в то же время, сделав акцент уже не на растениеводство, а на технические средства и сооружения: «Сельскохозяйственные мелиорации – есть длительные (прочные) изменения в сторону улучшения природных условий сельского хозяйства на определенной, охватываемой мелиорацией территории, осуществляемые при помощи технических приемов и сооружений». Это понятие соответствовало периоду НЭПа.

В 1933 г. уже в период коллективизации, А.Н. Костяков снова изменил понятие мелиорации: «Под сельскохозяйственными мелиорациями в СССР нужно понимать систему социально-экономических и технических мероприятий, имеющих своей задачей длительное (прочное) улучшение неблагоприятных природных условий (почвенных, климатических, гидрологических) мелиорируемой территории, в целях успешного развития на ней социалистического сельского хозяйства и получения устойчиво высоких урожаев требуемых культур». Это понятие сформировалось уже под влиянием принимаемых партией и Правительством политических решений.

Наиболее четко политизация мелиорации как науки прослеживается в определении, данным А.Н. Костяковым в 1951 г. «Сельскохозяйственные мелиорации в СССР представляют собой систему организационно-хозяйственных и

технических мероприятий, входящих в общий сталинский план преобразования природы и имеющих задачей коренное улучшение неблагоприятных природных (почвенных, климатических, гидрологических) условий мелиорируемых территорий путем надлежащего изменения и регулирования водного и, связанного с ним, воздушного, пищевого и теплового режимов их в целях успешного хозяйственного освоения и использования этих территорий, прогрессивного повышения плодородия их почв, обеспечения высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, в сочетании с соответствующей системой агротехнических мероприятий». В этом определении впервые появляется слово «коренные». Надо отдать должное А.Н. Костякову, в это тяжелое для мелиоративной науки время он подобрал очень емкое русское слово, которое с одной стороны вписывалось в стратегию покорения природы, с другой – имело в русском языке около 60 различных значений, в том числе: важный, прочный, крупномасштабный, первоочередной, приоритетный, существенный, капитальный и др. Это давало возможность решать не столько политические, сколько действительно актуальные научные проблемы в области природопользования. В своем капитальном труде «Основы мелиорации» 1951 г А.Н. Костяков основное внимание обращал на необходимость управления направлением и скоростью биологического и геологического круговоротов. Он совершенно справедливо считал, что необходимо всемерно удерживать питательные вещества в биологическом круговороте и ни в коем случае не допускать ускорения геологического круговорота воды и химических элементов, предупреждая тем самым загрязнение и ухудшение состояния природной среды. Такое совместное управление биологическим и геологическим круговоротами воды и химических элементов, по его мнению, возможно только при условии применения комплексных мелиораций. При этом, касаясь обоснования техники и технологии орошения, он высказал очень важную мысль, что это обоснование важно не только своими конкретными техническими решениями, но и принципиальной направленностью на установление не формальных, а генетических связей между мелиоративной техникой с одной стороны, и природными и хозяйственными условиями – с другой. Приведенные слова говорят о том, что А.Н. Костяков прекрасно понимал и разделял идею целостного восприятия мира. Это принципиальное положение было положено им в основу разработки мелиоративных проектов. К сожалению, эти фундаментальные положения мелиорации в последующем не были реализованы, слова «коренное улучшение» были восприняты в буквальном смысле, т.е. в смысле покорения природы. В шестом издании «Основ мелиорации», которое вышло в свет в 1960 г. уже после смерти А.Н. Костякова, понятие мелиорации практически не изменилось, также как и в многочисленных словарях и энциклопедиях. Все эти определения говорят о том, что цели мелиорации определены не четко, ставится задача просто улучшить природную среду или изменить ситуацию в лучшую сторону. Во всех опреде-

лениях указано только желаемое направление, но не приводятся количественные критерии эффективности, которые позволили бы связать цели со средствами их достижения.

Следует отметить неудачное сочетание слов «сельскохозяйственная мелиорация», по нормам русского языка это обозначает «мелиорация с помощью сельского хозяйства». В действительности приходится мелиорировать земли разного назначения: сельскохозяйственного, лесного, водного, рекреационного фонда, земли поселений, транспорта, обороны и пр. Не правильно говорить «мелиорация леса» - это дело лесовода, лесоустроителя, более точен термин – «мелиорация земель лесного фонда» и т.п. Да, действительно, главный объект мелиоративных работ – сельскохозяйственные земли, но не только они. В этом плане нуждается в уточнении и название Федерального закона, в котором или надо указать все мелиорируемые земли или четко сказать, что рассматриваются только сельскохозяйственные земли.

Если уже говорить об истории названия нашей отрасли науки и практики, стоит вспомнить и эпизод, когда название кафедры и учебной дисциплины были сужены до «сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации». Это сразу же заметно уменьшило перечень технических приемов мелиорации, устранив простые, но зато надежные и безопасные культуртехнические работы, биологические, в том числе лесомелиоративные мероприятия, климатические мелиорации (например, снегозадержание) и т.п. Зато приветствовались широкомащтабные и эффективные гидротехнические приемы: глубокое осушение торфяников, «решительное» спрямление рек, воздействие дренажами на глубоко залегающие горизонты напорных вод, часто вовлекающие в круговорот большие массы солей. В последующем такое уточнение было постепенно забыто.

Последствия политизации мелиоративной науки и недостаточно ответственного определения мелиорации не заставили себя долго ждать. Уже к середине 70-х годов заговорили о том, что мелиорация во многих случаях сопровождается негативным влиянием на природную среду. Такие заявления и упреки в адрес науки приходилось часто слышать от руководителей мелиоративных и водохозяйственных ведомств на различных совещаниях. Если перевести эти заявления на русский язык, то получалось, что «улучшение природной среды сопровождается ухудшением природной среды». Ученые и последователи А.Н. Костякова и С.Ф. Аверьянова не раз обращали внимание на эту несуразицу. Не мелиорация, как таковая ухудшает природную среду, а недостаточно обоснованные подходы и непродуманная система мероприятий, предусматривающая коренное улучшение природной среды и обеспечение высоких и гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур без учета требований разумного управления биологическим и геологическим круговоротами воды, органических и химических веществ.

Основная причина такого положения заключалась в противоречиях между региональным воздействием хозяйственной деятельности и частными подходами к ее формированию.

Традиционно основные цели и задачи мелиорации сводятся к решению сиюминутных проблем, то есть направлены на борьбу со следствиями, а не с причинами и включают интенсификацию сельскохозяйственного производства и обеспечение населения продовольствием за счет... «внедрения прогрессивных технологий, перехода на качественно новый уровень интенсификации, основанный на более эффективном использовании трудовых, материальных и энергетических ресурсов, биологического потенциала продуктивности современных сортов растений и агроэкологических условий». Что ни говори, а написано здорово, хотя и не понятно. Все это не отвечает концепции устойчивого развития, основной целью которой являлось создание условий для воспроизводства возобновляемых природных ресурсов, интенсификации и стабилизации сельскохозяйственного производства.

Состав мероприятий представлял собой набор отдельных приемов, которые хотя и дополняли друг друга, но целостной системы комплексных мероприятий собой не представляют. Очень важным являлось игнорирование того факта, что культурные растения не обладают внутренней устойчивостью и, следовательно, не могут играть существенной роли в обеспечении экологической устойчивости агроландшафтов, которая определяется в основном наличием естественных экосистем. Такая традиционная постановка проблемы привела к тому, что из рассмотрения выпадали основные свойства ландшафтов – открытость, структура, целостность, функционирование, определяющие их экологическую устойчивость, состояние и развитие процессов деградации природной среды. В этих условиях основным фактором, определяющим неудовлетворительное состояние сельскохозяйственных угодий, являлось нерациональное (истощительное) использование природных и материальных ресурсов. И тем не менее, несмотря на возникшие проблемы в области мелиорации, в 1995 году был принят Федеральный закон «О мелиорации земель», который опять определил мелиорацию как «коренное улучшение земель путем проведения гидротехнических, культуртехнических, химических, противозрозионных, агролесомелиоративных, агротехнических и других мелиоративных мероприятий, с целью повышения продуктивности и устойчивости земледелия, обеспечения гарантированного производства сельскохозяйственной продукции, повышение плодородия почв, а также создания необходимых условий для вовлечения в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых и малопродуктивных земель».

Особенно «актуально» звучит требование вовлечения в сельскохозяйственный оборот новых малопродуктивных земель, в то время, как более 50% всех пахотных земель России расположены на богатейших черноземных поч-

вах, эффективность использования которых в сельскохозяйственном производстве чрезвычайно низка.

Федеральный закон «О мелиорации земель» по существу возвратил мелиорацию на позиции 1950 г. Такая формулировка закона традиционно ориентирована на решение продовольственной проблемы, т.е. на увеличение экономического плодородия почв, а не на улучшение природных условий и избавляла Министерство сельского хозяйства от необходимости решать экологические проблемы. Более того, существующая концепция рационального природопользования, в отличие от концепции мелиорации сельскохозяйственных земель (Федеральный закон «О мелиорации земель») предусматривает высокоэффективное хозяйствование, не приводящее к резким изменениям природно-ресурсного потенциала и не ведущее к глубоким (коренным) переменам в окружающей среде.

На лицо явное противоречие между общим (природопользование) и частным (мелиорация земель) подходами к использованию природных ресурсов. Это несоответствие стало особенно заметным в условиях резкого обострения экологического кризиса в стране и принятия экологической доктрины РФ и ряда федеральных законов.

Начиная с 50-х годов прошлого века, когда мелиорация как наука, наконец, освободилась от вмешательства государства, началось ее интенсивное развитие. В последние годы был выполнен ряд фундаментальных теоретических разработок и проведено большое число лабораторных и комплексных опытно-производственных исследований в области изучения природных процессов и их изменения под влиянием антропогенной деятельности. Эти исследования включали разработки по теории движения подземных вод в насыщенных и ненасыщенных пористых средах, теории осушающего и рассоляющего действия горизонтального и вертикального дренажа, фильтрации из каналов, теории влаго- и солепереноса в почвах, теории комплексного регулирования факторов роста и развития сельскохозяйственных растений и динамики плодородия почв, оптимизации структуры использования, формирования экологической стабильности агроландшафтов и др. (Аверьянов, Айдаров, Веригин, Волобуев, Голованов, Исаченко, Ковда, Реймерс, Решеткина, Шабанов, Шестаков и др.) Результаты выполненных опытно-производственных исследований подтвердили достаточную точность разработанных моделей массо- и энергопереноса в почвах и возможность их практического использования. Полученные результаты позволили разработать методы составления долгосрочных прогнозов изменения отдельных компонентов и природной среды в целом под влиянием антропогенной деятельности. Это был важный шаг в развитии мелиоративной науки, так как без прогноза не может быть управления.

В 1986 году было предложено и стало применяться понятие «мелиоративный режим», предложенное И.П. Айдаровым, А.И. Головановым.

Для сельскохозяйственных земель *мелиоративный режим* - это совокупность требований к управляемым факторам почвообразования, роста растений и воздействия на окружающую среду, которые должна обеспечить система мелиоративных мероприятий для достижения поставленной цели.

Выбор показателей мелиоративного режима представляет собой сложную задачу, требует глубокого обобщения результатов многолетних исследований в различных природных зонах. Набор показателей зависит от разновидности мелиораций (водные, химические и т.д.). Применительно к водным мелиорациям сельскохозяйственных земель набор показателей может быть следующим:

допустимые пределы регулирования влажности корнеобитаемого слоя почвы; периоды и сроки затопления поверхности земли; пределы глубин грунтовых вод; направление и величина влагообмена между корнеобитаемым слоем почвы и подстилающим его слоем или грунтовыми водами;

допустимое содержание токсичных солей в почвенном растворе, состав и количество поглощенных оснований, рН почвенного раствора; допустимые количество и качество дренажных вод, сбрасываемых в поверхностные водотоки или водоемы;

требуемая динамика запасов гумуса и питательных веществ в почве;

предельное значение общей минерализации поливной воды, соотношения в ней ионов натрия и кальция и ее рН.

Количественные значения того или иного показателя устанавливаются применительно к каждой мелиорируемой территории, не только исходя из имеющегося опыта, но и в результате перебора ряда вариантов (оптимизации), с учетом возможного неодинакового воздействия на растение, почву, сооружения, окружающую среду. Так, на сельскохозяйственных землях в оценочный критерий отбора наилучшего варианта мелиоративного режима нужно включать не только объем и качество урожая, но также и плодородие почвы, затраты на компенсацию негативных воздействий на окружающую среду, стоимость ресурсов и другие затраты.

Поэтому варианты показателей мелиоративного режима оценивают со следующих эколого-экономических позиций:

среднемноголетняя прибавка урожая совокупности сельскохозяйственных культур на орошаемом массиве по сравнению с богарой;

компенсационные мероприятия по недопущению снижения плодородия почвы: затраты на улучшение солевого режима (промывки, гипсование и т.п.), на поддержание требуемого количества гумуса и питательных веществ;

затраты на дренаж, защиту от подтопления соседних земель, штрафы за загрязнение подземных и поверхностных вод или затраты на очистку дренажных вод;

объем используемых водных ресурсов, т.е. величина оросительных норм;



затраты на строительство и эксплуатацию мелиоративной системы, обеспечивающей рассматриваемый вариант показателей мелиоративного режима.

Введение цены на землю и воду, строгий контроль над загрязнением окружающей среды делают такие расчеты необходимыми и весьма эффективными. Эти обстоятельства заставят применять водо- и почвосберегающие технологии орошения и осушения, водооборотные системы, будут способствовать научно-техническому прогрессу в мелиорации.

Такой подход заставляет увязывать между собой работу отдельных звеньев мелиоративной системы (подающую, отводящую), агротехнические мероприятия (нормы органических и минеральных удобрений, состав культур, технологии возделывания) и мероприятия по охране окружающей среды.

Накопленный к настоящему времени богатый объем научной информации, возросшие возможности ее переработки, включающие большой набор математических моделей и современную вычислительную технику, позволяют реализовать на практике идею мелиоративных режимов.

Обобщение выполненных теоретических и экспериментальных исследований показало, что содержание проблемы мелиорации – суть взаимодействие природы и человека. Это кардинальным образом отличается от традиционного ведомственного подхода к определению понятия мелиорации как «коренного» улучшения природных условий. Содержание проблемы в современном понимании в общем виде – это управление биологическими, социально-экономическими, экологическими и материальными процессами.

Для разработки новой концепцией мелиорации потребовалась общая методологическая основа, поскольку возникла необходимость привлечения представлений многих научных дисциплин. В качестве такой методологической основы необходимо было использовать системный подход, предполагающий определение объекта исследований как единой системы. При этом природная система относится к объектам, которые нельзя свести к сумме своих частей, как это делали раньше. Природные системы – это объекты, состоящие из ряда взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов. В связи с этим, состояние системы определяется, прежде всего, ее интегральными характеристиками, а в функционировании системы основную роль играют связи между компонентами. Устойчивость же системы поддерживается за счет обратных связей, нарушение которых влечет за собой ухудшение состояния природной среды в целом. Так, например, снижение естественного плодородия почв увеличивает опасность загрязнения природной среды в результате потери почвой ее роли как биогеохимического барьера.

Изучение отдельных компонентов природных систем или отдельных факторов, определяющих состояние объекта, совершенно недостаточно для решения проблемы рационального использования природных ресурсов. Изменение одного из балансов или любого из компонентов неизбежно ведет к нарушению

процессов массо- и энергообмена внутри системы и изменению состояния других компонент и природной системы в целом.

Все это позволило сформулировать новое, более широкое понятие мелиорации, которое в отличие от традиционного ведомственного подхода трактовало ее не как покорение природы, а как процесс взаимодействия и сосуществования природы и человека. Новое понятие было гораздо шире традиционного и было названо «природообустройством». Природообустройство – система организационно-хозяйственных и технических мероприятий, обеспечивающих согласование требований природопользователей и природных систем, воспроизводство возобновляемых природных ресурсов (почва, биота, вода), оптимизацию структуры, повышение потребительской стоимости и экологической устойчивости природно-хозяйственных систем. По сути, это была инициатива дальновидных ученых, предложивших объединить всю деятельность по использованию и улучшению природных систем в одно направление. Новое, более широкое, чем мелиорация, понятие свидетельствовало о диалектическом развитии философии мелиорации, о диалектическом развитии философии восприятия мира, философии, которая видит решение проблемы неконфликтного сосуществования человека и природы вне всяких границ – ведомственных, политических, этнических и др.

Необходимость и своевременность введения нового понятия «природообустройство» нашло свое подтверждение в современном законодательстве РФ.

*Исторические примеры комплексного обустройства территорий.* Российская мелиоративная наука, в отличие от Западной, всегда отличалась глубоким естественно-научным подходом, рассматривала улучшаемые земли как часть единого целого – природно-территориального комплекса (геосистемы, ландшафа) одинакового происхождения и природно-исторического развития. В.В. Докучаев, его ученики и последователи - А.Н. Костяков, А.Д. Брудастов и их школа - обращали особое внимание на взаимозависимость свойств компонентов природных объектов, тесную взаимосвязь процессов их функционирования, включая круговороты энергии, веществ и воды в особенности. Почвообразование, продуцирование фитомассы они рассматривали как результирующее всех процессов, происходящих в географической оболочке и в населенной живыми организмами ее части – биосфере.

Отчетливо осознавая не только целостность геосистем, но и их открытость, В.В. Докучаев, А.Н. Костяков, А.Д. Брудастов никогда не вырывали из целостной природы земли только одного назначения, а из сельскохозяйственных земель – только мелиорируемые.

В.В. Докучаев отмечал, что при взаимодействии с природой надо учитывать «всю единую, цельную и нераздельную природу, а не отдельные части», надо знать «теснейшее взаимодействие и полное содружество мира органического и мира неорганического».

А.Н. Костяков в своей выпускной работе «Имение «Батьки», выполненной под руководством В.Р. Вильямса в 1912 г., детально изучил природные условия территории площадью около 3500 га при впадении р. Вялки в р. Цну (ныне Рязанская обл.), охарактеризовав фактически два водосбора. Он одним из первых применил морфогенетический принцип зонирования территории, выполнил гидрогеологическое описание, в том числе и особенностей формирования грунтовых вод на разных элементах рельефа; детально исследовал почвы, впервые выделив в них характерные для переувлажнения горизонты; провел геоботаническое обследование. По сути дела – это первое комплексное ландшафтное описание территории в ее естественных границах, позволившее оценить уже выполненные мелиоративные работы и наметить их развитие. При этом А.Н. Костяков подчеркивал необходимость сочетания различных приемов мелиорации: гидротехнических, агро-мелиоративных, культуртехнических, охватывающих всю территорию.

Еще до появления ландшафтоведения, как отрасли физической географии, А.Д. Брудастов в 1929 году предложил теорию типов водного и минерального (!) питания земель, рассматривая их как единство возвышенностей, склонов, понижений, пойм, связанных гидрохимическими потоками. Тем самым он предвосхитил современные понятия фаций, элементарных ландшафтов.

Идею комплексного обустройства территорий впервые предложил и осуществил родоначальник русского генетического почвоведения, геолог по образованию, В.В. Докучаев.

В России после катастрофической засухи 1891 г., охватившей центральную, южную и юго-восточную часть страны с населением 25 млн. человек, правительством была создана «Особая экспедиция по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях России» Лесного департамента Министерства земледелия и государственных имуществ, которую возглавил В.В. Докучаев. Он пришел к заключению, что причиной участвовавших засух стала деградация территории, вызванная вырубками лесов и экологически опасными методами ведения сельского хозяйства, поставил вопрос о **государственном регулировании** природопользования. Фактически он предложил программу исследований целостных техно-природных систем и на их основе оптимизацию систем хозяйствования. Это должно было реализоваться в новой структуре ландшафтов, которая позволила бы повысить плодородие почв, обеспечить устойчивое сельскохозяйственное производство, сохранение природных систем в виде заповедных косимых и некосимых залежей.

Предлагалось создание сплошной сети широких лесополос, расчленяющих безлесую степь на изолированные поля. Лесополосы обеспечивали бы улучшение микроклимата и существенное увеличение влажности почвы в сухие периоды по сравнению с открытой степью. Помимо этого в рамках водосборов он считал необходимым:

- регулирование рек путем расчистки и спрямления русел, строительства водохранилищ для регулирования стока и уменьшения весенних разливов, закрепление берегов рек древесной растительностью;

- прекращение роста оврагов закреплением их устьев, устройством плетней и живых изгородей для прекращения размыва их дна и берегов и превращения их в луговые угодья, перекрытием плотинами верховьев оврагов для орошения склонов талыми и дождевыми водами, обсадкой деревьями верховьев оврагов и балок на крутых склонах;

- регулирование водного и твердого стока на водораздельных пространствах путем снегозадержания, увеличения впитывания талых и дождевых вод, накопления влаги в почве, регулирования влажности воздуха; сооружения с этой целью прудов на естественных ложбинах и в блюдцах с обсадкой деревьями, залесение песков;

- обводнение территории строительством колодцев и каптажем родников (каптаж – устройства для отбора подземных вод в месте их выхода на дневную поверхность в виде родников);

- выбор оптимального соотношения между пашней, лугом, лесом и водными объектами в зависимости от местных условий;

- выбор системы обработки почвы для наилучшего использования влаги, недопущения эрозии, подбор сортов культурных растений, приспособленных к местным условиям.

При жизни В.В. Докучаева в Каменной Степи (ныне Воронежская обл.) в первые 7 лет были созданы 58 лесных полос общей площадью 103 га, начато строительство прудов. К 100-летию экспедиции в Каменной Степи было создано 900 га защитных лесных насаждений, построено 35 прудов и водоемов с площадью зеркала 386 га и запасом воды около 9 млн. м<sup>3</sup>, 10 водорегулирующих валов, 15 га террас, проведены работы по укреплению оврагов, организовано выборочное орошение на местном стоке на площади около 600 га, организованы заповедные участки степи в виде косимых и некосимых залежей, так как к тому времени целинных земель в этом регионе уже не осталось.

На опытных участках, заложенных В.В. Докучаевым и его сотрудником выдающимся русским лесоводом Г.Ф. Морозовым, были созданы лесополосы разной ширины – от 10 до 100 м. При среднем размере одного поля около 30 га залесенность составляла от 3 до 30 %. В настоящее время эти дубово-кленово-липовые насаждения живы, имеют высоту свыше 20 м, дают ежегодный прирост древесины 3...4 м<sup>3</sup>/га. Очень важный научный факт: авторы этого многолетнего эксперимента позволили потомкам установить оптимальную для данной территории степень залесенности – не более 18%, в противном случае лесонасаждения вместе с прудами и водоемами изменяют структуру водного баланса в нежелательном направлении, появляется переувлажнение пониженных фаций. В последующем на других опытных участках 25...30 летние лесополосы

шириной 10...22 м и высотой 12 м также благоприятно сказались на состоянии и продуктивности ландшафтов. Так среднемноголетняя прибавка урожая зерновых составила 20%, картофеля – 30%, сахарной свеклы – 27%. Лесополосы положительно повлияли на запасы воды в снеге, на весенние запасы влаги в почве, несколько снизили температуру воздуха и скорость ветра летом, что особенно важно при появлении в этой зоне суховеев – ветров юго-восточного направления.

Помимо роста плодородия почв имелись и другие природоохранные эффекты: были остановлены рост оврагов, эрозия почв, уменьшены пагубные последствия пыльных бурь, сохранены малые реки от обмеления. На обустроенной таким образом территории увеличилось биологическое разнообразие в системе поле – лес, установилось равновесие между полезной и вредной фауной и микроорганизмами, что привело к подавлению очагов массового размножения вредителей и возбудителей болезней посевов сельскохозяйственных культур, лесов и животных. Следствие этого – уменьшение токсической нагрузки на экосистемы из-за сокращения применения гербицидов, инсектицидов и т. п.

В жесточайшую засуху послевоенного 1946 г. урожай в Каменной Степи был в 3...4 раза выше, чем в соседних необустроенных районах. Это обстоятельство послужило толчком для принятия в октябре 1948 г. Постановления СМ и ЦК ВКП(б) «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах Европейской части СССР».

Этим планом предусматривалось создание в течение 1950-1965 гг. крупных государственных лесных защитных полос общим протяжением 5320 км, с площадью лесопосадок 118 тыс. га. Полосы были намечены по берегам рек Урала, Волги, их междуречий, Дона, Северского Донца. Наряду с этим было предусмотрено создание полезащитных лесонасаждений на полях колхозов и совхозов на общей площади 5709 тыс. га. Одновременно на полях колхозов и совхозов вводились травопольные севообороты, обеспечивающие восстановление плодородия почв, и предусматривалось строительство 44 тыс. прудов и водоемов.

К сожалению, этот план был выполнен не полностью, к 1967 году площадь государственных лесных полос составила 89 тыс. га; всего защитных лесонасаждений стало свыше 2 млн. га, но даже сделанное существенно сказалось на обустройстве российских земель.

Обустройству территорий косвенно способствовало нежелание И.В. Сталина подключать колхозы к государственным электрическим сетям. В результате этого за 1945...1947 гг. было построено свыше 3600 малых ГЭС, водохранилища которых, на манер водяных мельниц и запруд, поддерживали жизнь

малых рек и окружающей природы. В последствии все они были разрушены, оставив изуродованные русла рек.

Обширная программа мелиоративных работ, начатая 60 лет назад, во-первых, почти вся была направлена на земли национальных окраин, о чем сейчас стараются забыть. О России вспомнили опять в последнюю очередь. А во-вторых, несмотря на громадные площади орошения и осушения, комплексному обустройству территорий в этой программе уделялось мало внимания, гораздо больше было сделано для развития промышленной и социальной инфраструктуры на мелиорированных землях, что, конечно, правильно, так как в некоторых районах массовой мелиорации жизнь людей буквально преобразилась – в Украинском и Белорусском Полесье, в Северном Крыму.

Одним из недостатков этой программы был недостаточный учет влияния мелиорации на окружающую природу при проектировании и функционировании мелиоративных систем, мелиоративная нагрузка во многих регионах, особенно в азиатских республиках, была чрезмерной. В Поволжье не уделяли должного внимания сложному мелкокомплексному почвенному покрову (Палласовская ООС). В Российском Нечерноземье бесперспективной была борьба с мелкоконтурностью, желание вписать в сложные природные объекты большие поля прямоугольной формы, чтобы «его величеству трактору» было удобно работать, приводило к разрушению установившихся биогеоценозов, гидрохимических потоков.

Объективности ради надо отметить, что большое внимание уделялось комплексным изысканиям на объектах мелиорации при проектировании, качество исходного материала было достаточно хорошим для принятия проектных решений, к решению трудных задач привлекались научные силы отрасли. Несомненным достоинством этого периода мелиорации была организация сети постоянно действующих Гидрогеолого-мелиоративных станций, объединенных в специальную службу при Минводхозе СССР (Д.М. Кац). Быстро сформировавшись, они собирали и анализировали множество показателей состояния мелиорированных земель и процессов, на них происходящих, т.е. осуществляли добротный мониторинг мелиорированных земель. Недостатком их работы мы видим то, что они не выходили за границы мелиорированных земель.

Не желая ни в коем случае принизить громадный труд мелиораторов, полагаем, что наука должна сделать правильные выводы, выявляя как положительные стороны, так и недостатки широкомасштабной мелиорации.

Общечеловеческим достоянием сейчас является идея создания так называемых культурных ландшафтов, включающих земли разного назначения, в которых деятельность человека оптимизирована на научной основе в интересах человека и природы (Р.М. Орлов). Иными словами необходимо **комплексное обустройство** не отдельных земель, но крупных генетически однородных территорий – ландшафтов, водосборов. Это понятие шире комплексной мелиора-

ции отдельных земель, хотя оно ни в коем случае его не отменяет. Комплексные мелиорации отдельных видов земель в разумных масштабах являются базисными в этом обустройстве, но не единственными.

Перечень работ по комплексному обустройству территорий по А.Г. Исаченко включает:

- Поддержание природного разнообразия, оптимальное сочетание земельных угодий;
- Максимум растительного покрова;
- Адаптивные природосохраняющие системы земледелия;
- Экстенсивно-приспособительное использование части земель;
- Ликвидацию антропогенных пустошей, рекультивацию, борьбу с эрозией;
- Организацию охраняемых территорий: заповедников, природных парков и т.п.;
- Создание развитой экологической инфраструктуры;
- Восстановление гидрографической сети, малых рек;
- Оптимальную мелиоративную нагрузку;
- Внешнее эстетическое благоустройство.

При обустройстве территорий (ландшафтов) затрагиваются земли разного целевого назначения, находящиеся в собственности разных субъектов, а также разные виды хозяйственной деятельности. Это усложняют организационно-правовые аспекты, финансирование и проведение этих работ не только в период первичного обустройства (создание инженерных систем, выполнение различных мелиоративных, рекультивационных и природоохранных мероприятий), но и в длительный (десятки лет) период их «штатного» функционирования, ремонта, реконструкции. Указанные вопросы должны, прежде всего, регулироваться законодательными актами. Обустройство ландшафтов, учитывая его важность для всего населения страны или субъекта Федерации, а также для увязки порой взаимоисключающих или противоречивых интересов землевладельцев и землепользователей, должно инициироваться государством, его федеральными и региональными органами власти.

В отличие от мелиорации земель конкретного назначения, составляющих обычно часть ландшафтов, создание культурных ландшафтов на обустраиваемых территориях предполагает мероприятия, затрагивающие ряд индивидуальных ландшафтов или речных бассейнов (водосборов). Поэтому методически важно определиться в способе членения обустраиваемой территории. По ряду соображений нам представляется целесообразным говорить об обустройстве водосборов.

Главная природная функция речного бассейна – стокообразующая и в этом принципиальная важность такого членения территории. Помимо этого, речные бассейны – это особым образом объединенные геосистемы (принцип объединения здесь – единство гидрогеохимических потоков, имеющих один объект для

своей разгрузки), выполняющие важные средообразующие или экологические функции. Наконец, речные бассейны – это пространственный базис для природопользования (размещения земель разного целевого назначения, в том числе сельскохозяйственных, населенных пунктов, объектов промышленности, транспорта, размещения отходов) и природообустройства. В этом заключается *триединство* функций речного бассейна. Эти функции определяют научную и практическую целесообразность членения территории на водосборы разных размеров, в рамках которых открывается возможность комплексной оценки состояния территории и водных объектов, выработки единой программы их улучшения, учитывающей интересы не только отдельных земле- и водопользователей, но и интересы всех людей, на ней проживающих и, что сейчас очень злободневно, восстановление и сохранение природы.

Наложение карты водотоков на ландшафтную показывает, что границы ландшафтов и их совокупностей пересекают трассы водотоков, что говорит о несовпадении границ ландшафтов и речных бассейнов. Эти территории можно представить как пересекающиеся множества по разному выделенных природных объектов, что существенно усложняет сравнительный анализ при их изучении, затрудняет решение практических задач природообустройства и природопользования. Речные бассейны объективно по-другому организованы для выполнения своей главной функции – стокообразующей и состоят из целого числа других геосистемных групп, в данном случае – фаций и катен.

Открытость фаций предопределяет их взаимосвязь и образование более сложных ландшафтно-геохимических систем. Серия фаций, сменяющих друг друга от местного водораздела к местной депрессии рельефа (к местному постоянному или временному водотоку) и связанных латерально направленными гидрохимическими потоками, образует *ландшафтно-геохимическую катену* – простейшую каскадную ландшафтно-геохимическую систему в пределах каждого ландшафта и неделимую часть речного бассейна.

Совокупность ландшафтно-геохимических катен, составляющих общий водосборный, а соответственно и солесборный бассейн, называют ландшафтно-геохимическими *аренами* (М.А. Глазовская). Надо иметь в виду, что в пределах одного водосбора могут располагаться арены, принадлежащие разным ландшафтам. В зависимости от размера водосборной площади выделяют мега-, макро-, мезо- и микроарены. Гидрогеохимическая структура и потоки усложняются по мере увеличения размеров арен.

Такое видение водосбора важно для схематизации природных условий при разработке моделей функционирования бассейна. Первичные модели, представляющие линейный каскад сопряженных фаций и образующих ландшафтно-геохимическую катену, должны быть как минимум двумерными, учитывающими как вертикальные, так и горизонтальные, в сторону водотока, потоки вещества. Необходимо учитывать разное высотное положение фаций, образующих



катену, учитывать поверхностные и подземные потоки и их взаимодействие (впитывание, напорное питание подземных вод).

С помощью таких моделей можно рассчитывать слой годового, паводкового и меженного стока с единицы площади водосбора (с одной катены) в рамках одного ландшафта или группы однотипных ландшафтов, объединенных в ландшафтные районы, провинции; оценивать влияние хозяйственной деятельности и природоохранных мероприятий на количество и качество стока (подобные модели функционирования катен разработаны А.И. Головановым и Ю.И. Сухаревым). Модели арен должны быть на порядок сложнее, чем модели катен, в них нужно учитывать все виды хозяйственной деятельности на водосборе, гидрохимическую миграцию на поверхности и в теле речного бассейна, а также в руслах водотоков (время добегания, аккумулирующую и очищающую роль русла и т.п.). Именно такие модели позволяют отследить динамику расходов воды в водотоках и влияние на них хозяйственной и обустроительной деятельности.

Для таких расчетов необходимо иметь полную информацию о ландшафтах и водосборах: многолетние данные о погодных условиях; геоморфологическую с количественными показателями пластики рельефа: горизонтальной и вертикальной расчлененности, о форме склонов; карту водотоков; геологическую и гидрогеологическую; почвенную; геоботаническую, карту земельных угодий. Совмещение такой информации, ее увязка и схематизация природных условий в настоящее время возможны с применением ГИС-технологий.

Функции водосборов определяют цели их обустройства:

- улучшение качества речного стока в смысле его объема и расходов воды в реке, желаемого распределения стока во времени, качества речных вод, глубин воды в русле;
- повышение продуктивности (полезности) земель путем их мелиорации и рекультивации для нужд конкретных землепользователей;
- природоохранное обустройство водосбора, поддержание, восстановление, воссоздание экологической инфраструктуры на нем.

Различные цели преобразования водосборов неизбежно вызывают конфликты интересов, например, строительство гидроузлов и создание водохранилищ на равнинных реках и связанное с этим затопление самых плодородных пойменных земель; изменение направления использования земель – распашка или залесение, строительство, увеличение площади мелиорируемых земель. Поэтому неизбежны оптимизация целей обустройства водосборов, и многовариантность намечаемых мероприятий.

**Выделены следующие этапы комплексного обустройства водосборов.**

*Рациональное сочетание угодий на водосборах.* На функционирование водосборов наиболее существенно влияет трансформация земельных угодий (сведение лесов, распашка), осуществляемая человеком для решения экономиче-

ских задач: увеличение запасов продовольствия, добыча полезных ископаемых, строительство. Распашка земель ухудшает структуру водного баланса почв, питание подземных вод и рек, изменяет радиационный баланс, приводит к эрозии почв, обработка полей механизмами ее уплотняет. В этом плане лесонасаждения и луга предпочтительней, но они не решают многие экономические задачи.

*Разработка экологической инфраструктуры*, т.е. совокупности природосохраняющих природных и антропогенных элементов, повышающих биотическую и абиотическую устойчивость водосбора, улучшающих качество окружающей среды. Схематично ее можно представить в виде экологического каркаса территории, состоящего из трех взаимосвязанных звеньев: биоцентров, или природно-географических окон, биокоридоров и буферных зон.

*Улучшение, восстановление и облагораживание местной гидрографической сети*: восстановление малых рек, создание водоемов, регулирование поверхностного и подземного стока, улучшение качества поверхностных и подземных вод.

*Выполнение комплекса работ по борьбе с оврагами на водосборе*: прекращение их роста, закрепление дна и берегов, создание в ложе закрепленных оврагов прудов и водоемов, залесение, в том числе и в рекреационных целях, для поселения фауны. Необходимы специальные проекты обустройства водосборов с целью прекращения водной и ветровой эрозии, создание защитных лесополос.

*Создание природосберегающего земледелия*. Состояние водосборов зависит не только от площади сельскохозяйственных земель, но и от способов ведения сельского хозяйства, от системы земледелия, которая включает комплекс взаимосвязанных агротехнических, почвозащитных, мелиоративных, организационно-экономических мероприятий, направленных на эффективное использование земли и агроклиматических ресурсов, повышение плодородия почвы, защиту ее от эрозии, повышение экологической стабильности водосбора в целом.

*Применение комплексной мелиорации и рекультивации земель*. Для достижения надлежащего эффекта необходимо совместное применение агро-мелиоративных, агролесомелиоративных, культуртехнических мероприятий, водных (водосбережение, искусственное увлажнение - орошение, осушение) мелиораций, раскисления, рассоления, рассолонцевания, улучшения теплового режима почв и микроклимата, улучшения физико-механических свойств почв.

*Утилизация дренажных и сточных вод на водосборе*. Поступившие в дренажный сток биогены, ядохимикаты, тяжелые металлы, входящие в состав минеральных удобрений, можно частично перехватить, повторно используя дренажные воды для орошения, т.е. применяя водооборотные системы. Оставшаяся часть загрязнений должна извлекаться из дренажных вод специальными мероприятиями и сооружениями.

Комплексное регулирование факторов роста и развития растений. Следу-

ет различать понятия комплексные мелиорации, т.е. совместное применение всех необходимых и доступных видов и способов мелиорации на всех элементах (землях) водосбора, и комплексное или совместное регулирование факторов и условий роста и развития культивируемых растений, важность которого постоянно подчеркивал А.Н. Костяков, считая, что только при этом мелиорации дадут должный эффект.

*Создание* на территориях с чрезвычайной экологической ситуацией и в зонах экологического бедствия *постоянно действующих инженерно-экологических систем*, обеспечивающих первичную очистку загрязненных земель, восстановление рельефа и почвенного покрова, а затем – локализацию очагов загрязнения, эксплуатацию инженерных сооружений (скважин, дренажей, насосных станций, увлажнительных систем и пр.), обеспечивающих доочистку земель, развитие биоты, реабилитацию сельскохозяйственных земель.

Таким образом, предлагается различать комплексное обустройство территорий в рамках ландшафтов или водосборов, комплексную мелиорацию и рекультивацию земель конкретного целевого назначения и комплексное регулирование факторов и условий роста и развития возделываемых растений.

## ***КОМПЛЕКСНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ***

УДК 631.67

### **ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА И УРОЖАЙНОСТЬ НУТА В РИСОВЫХ СЕВООБОРОТАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ТРАВМИРОВАННОСТИ СЕМЯН**

**С.Б. Адьяев**

Калмыцкий филиал ГНУ ВНИИГиМ, Элиста, Республика Калмыкия;

**И.А. Ляпкосова**

Волгоградская ГСХА, Волгоград, Россия

Обеспечение населения экологически чистыми продуктами питания и создание устойчивой кормовой базы для развития животноводства неразрывно связано с расширением посевных площадей и повышением урожайности зернобобовых культур, которые являются главным источником полноценного растительного белка, и способствуют сохранению и повышению плодородия почвы. В засушливых районах степной зоны светло-каштановых почв Нижнего Поволжья наиболее перспективной зернобобовой культурой является нут. Это самая засухоустойчивая культура из всех бобовых, относительно мало требовательная к почве, способная мириться с повышенной солонцеватостью, обеспе-

чивающая наиболее стабильные урожаи. Зерно нута обладает высокой питательностью, большой энергетической ценностью и способностью к длительному хранению. Нут наиболее адаптирован к почвенно-климатическим условиям Нижнего Поволжья, является ценной продовольственной и кормовой культурой, но имеет небольшой удельный вес в структуре посевных площадей (30 тыс. га) и низкую урожайность. Его распространение сдерживается рядом причин, в том числе и дефицитом семян. Слабо изучены особенности биологии, технологии возделывания культуры, не решены многие вопросы селекции и семеноводства.

Наряду с тем, что нут имеет неполегающий стебель, высокое прикрепление нижних бобов и при созревании не осыпается, обеспечивая тем самым пригодность к механизированной уборке, наблюдается высокий процент механических повреждений семян рабочими органами сельскохозяйственных машин. Внедрение индустриальной технологии возделывания нута и комплексная механизация производственных процессов в семеноводстве сопровождается травмированием семян, которое влияет на качество посевного материала. При существующей системе машин на всех операциях по механизированному производству семян нута полностью избежать травмирования невозможно. По агротехническим требованиям дробление семенного зерна на самой травмирующей операции (обмолоте) не должно превышать 1%, в случае неблагоприятных условий уборки (засоренные посеы, высокая влажность) допускается 2%. Разрушенные зерна затем легко отделяются на сортировальных и зерноочистительных машинах, так как существенно отличаются от целых по своим физико-механическим свойствам. Все остальные семена в независимости от степени травмирования с макро- и микроповреждениями становятся основой будущего урожая. По ГОСТ 12037-81 «Методы определения чистоты и отхода семян» в отход идут раздавленные и битые семена, но только в том случае, если они утратили половину и больше половины семени. Поврежденные семена с другими типами травм относятся к группе «Семена основной культуры».

Установлено существенное влияние степени травмированности посевного материала на посевные качества семян. Существует мнение, что у некоторых травмированных семян возможна активизация прорастания по сравнению с неповрежденными, повышается энергия прорастания и лабораторная всхожесть в связи с облегченным доступом воды и кислорода через области травм. Но при попадании в неблагоприятные условия хранения или при посеве в почву травмированные семена усиленно поражаются патогенной микрофлорой и резко снижают способность к прорастанию. Этот вывод полностью подтвердился данными нашего опыта.

Энергия прорастания, характеризующая быстроту и одновременность появления всходов, имела разрыв с лабораторной всхожестью у семян 1 и 2 вариантов в 1-2%, а у наиболее травмированных разрыв достигал 6-7%. Протравли-

вание травмированных семян повышает энергию прорастания и лабораторную всхожесть на 1-2% и оказывает влияние на силу роста семян (снижается число аномальных проростков и повышается масса сырого и сухого вещества ростков). При увеличении в исследуемых образцах доли травмированных семян от 5 до 20% число здоровых ростков снизилось с 17 до 10% по сравнению с контрольным вариантом. Изменилась и масса сырого вещества ростков. Она уменьшилась по мере возрастания числа семян с травмами на 6-35%. Для поврежденных семян существенным фактором, влияющим на полевую всхожесть, являются метеорологические условия (температура воздуха и осадки), обеспечивающие водно-тепловой режим почвы. Определяющую роль в создании оптимальных условий для прорастания травмированных семян играют сроки посева, предпосевная обработка почвы и глубина заделки семян.

Данные, полученные в наших опытах дают основание утверждать, что травмированные семена имеют низкую полевую всхожесть, она уменьшается с увеличением доли механически поврежденных семян в посевном материале с 68 до 55% у нута сорта Волгоградский 10 и с 66 до 51% у сорта Приво 1. Предпосевное протравливание семян дает рост полевой всхожести до 80-81%, у травмированных семян она достигает 66-68%. Самый высокий процент содержания механических повреждений протравленных семян в посевном материале (20%) имеет самую низкую полевую всхожесть 60% у семян сорта Приво 1 и 61% у сорта Волгоградский 10 среди вариантов с травмированными семенами, но более высокую, чем у непротравленных семян.

Повышение содержания доли травмированных семян в посевном материале оказывало существенное влияние на продукционный процесс нута.

Одним из важных показателей продукционного процесса нута является продолжительность вегетационного периода. Наибольшая продолжительность прохождения межфазных периодов развития растений отмечена при содержании в посевном материале 20% травмированных семян: всходы-цветение – 46 суток, цветение-созревание – 57 суток. В целом механические повреждения семян нута на 5-16 суток задерживают развитие растений, тормозят ростовые процессы, что снижает эффективность продукционного процесса.

Установлено существенное снижение фотосинтетической активности посевов нута при посеве материалом, содержащим свыше 5% травмированных семян. В среднем за годы исследований максимальная площадь листового аппарата нута на участках, где посев проводили с содержанием 5% травмированных семян в посевном материале на 1-6% превышала площадь листьев в сравнении с посевами при содержании 15% травмированного материала и на 11% при посеве с долей травмированных семян свыше 20%. Наибольшие значения чистой продуктивности фотосинтеза наблюдались в период бутонизации и составляли 7,29-7,03 г/м<sup>2</sup> в сутки при содержании травмированного материала не более 5%. Увеличение содержания травмированных семян в посевном мате-

риале сокращало продуктивность работы ассимиляционного аппарата до 4,21-6,93 (10 % травмированных семян) – 3,80-6,13 г/м<sup>2</sup> в сутки (20 % травм).

Посев семенами с содержанием не более 5 % травмированного материала обеспечивает формирование наибольшей сухой массы нута. Во влажный 2000 год посевами нута на этих вариантах было накоплено 3,15...3,25 т/га сухого вещества. При посеве нута семенами с долей травм на уровне 20 % суммарный объем накопленного органического вещества снижался до 2,79 т/га.

Таким образом, повышение доли содержания в посевном материале травмированных семян существенно нарушает продукционный процесс посева нута, что сокращает общую урожайность культуры.

Исследованиями установлена зависимость урожайности нута от доли содержания в посевном материале травмированных семян (рис. 1).

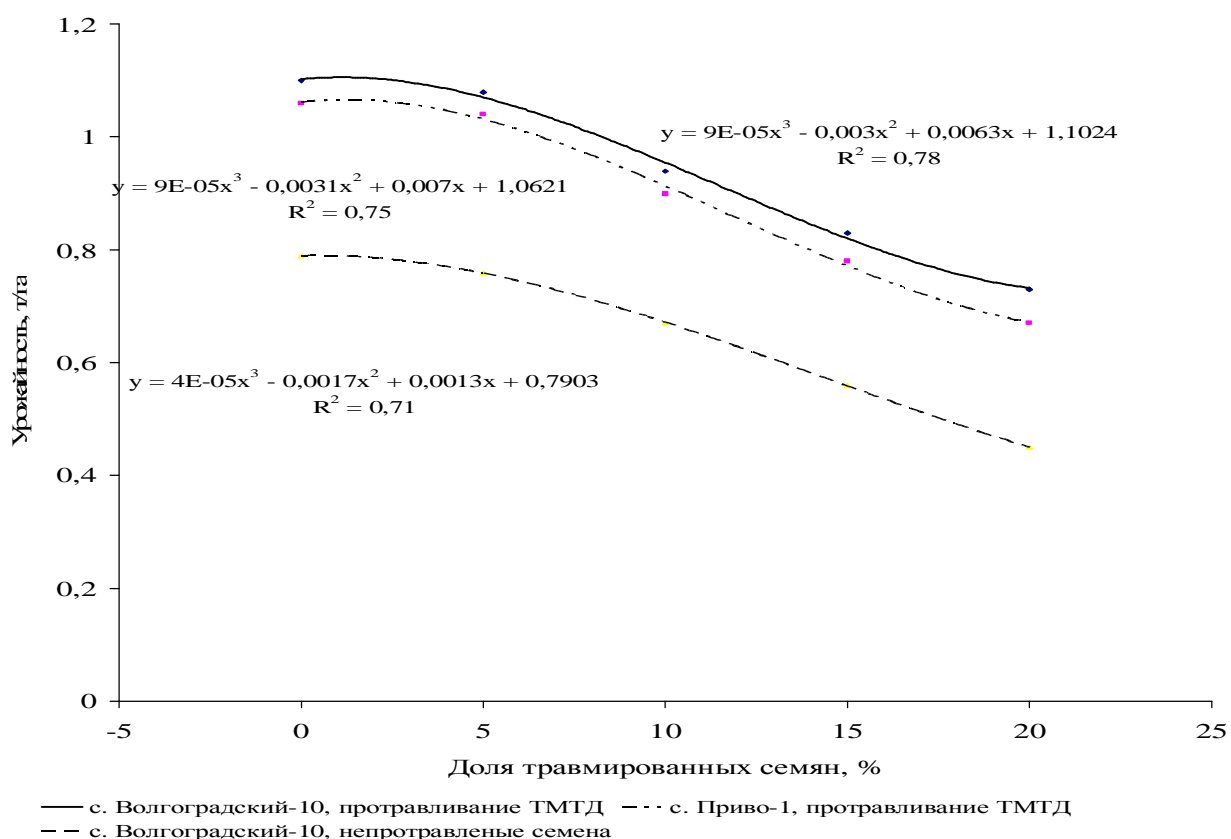


Рисунок 1 - Зависимость урожайности зерна нута от степени травмированности посевного материала

В среднем за три года наибольшая величина урожайности зерна у сорта нута Волгоградский 10 отмечена при посеве протравленными семенами, травмированными на 5% - 1,08 т/га.

Посев протравленными семенами в сравнении с непотравленными дает прибавку урожая (в среднем за три года) 0,32; 0,27; 0,27; 0,28 т/га при наличии в посевном материале соответственно 5, 10, 15 и 20% травмированных семян. Следовательно, для снижения отрицательного действия поврежденности семян

необходимо сразу же, после уборки протравливать их. Такая обработка предупреждает развитие болезней и вредителей, улучшает посевные качества семян.

Минимальные потери урожая от травмирования формировались при использовании посевного материала, содержащего не более 5 % поврежденных семян. Различия урожайности, полученной на участках посева нетравмированными семенами и с содержанием 5 % травмированного материала составили 0,02...0,03 т/га и статистически недостоверны ( $НСР_{05} = 0,07$  т/га). При содержании 10, 15 и 20 % поврежденных семян в посевном материале потери урожая составили соответственно 0,16...0,37 т/га.

УДК 634.11.047:631.67

## **ВОДОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ ЯБЛОНЕВОГО САДА**

**Е.В. Акутнева**

Волгоградская ГСХА, Волгоград, Россия

Плодоводство в Волгоградской области не является ведущей отраслью производства. По данным 2004 года под плодовыми культурами в области было занято 6,4 тыс. га, что почти в 4 раза меньше, чем десять лет назад. Тем не менее, в современных условиях необходимо разрабатывать мероприятия по коренному переустройству отрасли. Важным резервом развития садоводства является разработка новых высокоэффективных и экономичных способов орошения и совершенствование существующих способов полива.

Значительный интерес с точки зрения перспектив развития орошения представляет внутрпочвенный способ полива. Применение внутрпочвенного орошения при реконструкции оросительной сети позволит оптимизировать водный режим почвы яблоневого сада, экономно использовать оросительную воду и уменьшить на перспективу эксплуатационные затраты.

В соответствии с программой исследований предусматривалось решение следующих задач:

- разработать конструкцию и рассчитать технику внутрпочвенного способа полива, позволяющую заменить поверхностный способ орошения при реконструкции оросительной сети;
- разработать оптимальные режимы внутрпочвенного орошения яблони, обеспечивающие поддержание влажности активного слоя почвы в заданных пределах;
- установить особенности и закономерности водопотребления, водного режима почвы яблоневого сада при внутрпочвенном орошении в различные по условиям увлажнения годы;

- выполнить оценку влияния режимов орошения на основные показатели роста, развития и продуктивности яблоневого сада;
- установить характер развития корневой системы плодовых растений при одностороннем способе полива внутрипочвенными увлажнителями;
- дать экономическую оценку режимов внутрипочвенного орошения плодоносящего сада.

Участок проведения исследований расположен в ОАО «Сады Придонья» Городищенского района Волгоградской области.

Почвенный покров участка исследований представлен светло-каштановыми почвами по гранулометрическому составу почвы среднесуглинистые. Содержание гумуса низкое – 1,26 %. Средняя плотность расчетного слоя – 1,51 т/м<sup>3</sup>, наименьшая влагоемкость – 19,4 % от массы сухой почвы.

За годы проведения исследований погодные условия вегетационного периода изменялись значительно. Так 2000 год отмечен как влажный (обеспеченность 89 %), 2001 год соответствовал обеспеченности 63 % и характеризовался как среднесухой, 2002 год – острозасушливый с обеспеченностью 24 %. Обеспеченность положительными температурами в течение всего вегетационного периода за все годы исследований приближались к норме.

Оросительная сеть участка проведения исследований, где закладывался двухфакторный полевой опыт, состояла из магистрального трубопровода, к которому с помощью фланца присоединялась гребенка с тремя выходами из полиэтиленовых труб для наполнения водонапорных баков и увлажнителей с внутренним диаметром  $d=34$  мм и длиной 150 м.

Укладка увлажнителей проводилась вручную на расстоянии 1,2 м от ствола деревьев. Перфорация была выполнена с  $d=2$  мм и шагом 100 мм в обе стороны от штамба дерева. Длина перфорированного участка составила 2,4 м.

Полнооборотный противофльтрационный экран огибал увлажнитель и имел выход воды в сторону штамба дерева.

На опытном участке испытывались три варианта с предполивной влажностью почвы:

1. Вегетационные поливы при снижении влажности в активном слое почвы до 60 % НВ;
2. Вегетационные поливы при снижении влажности в активном слое почвы до 70 % НВ;
3. Вегетационные поливы при снижении влажности в активном слое почвы до 80 % НВ;
4. Контроль – полив по бороздам, при поддержании влажности активного слоя почвы на уровне не ниже 70 % НВ.

Вторым фактором изучения являлись сортовые различия деревьев яблони. Опытный участок был заложен в 1993 году летними сортами Мелба, Оттава,



Мантет на карликовом подвое М9. Посадка произведена по широкорядной уплотненной схеме 6 x 4 м, с густотой стояния 416 деревьев на гектар.

Варианты размещены в трех повторностях. Опытная работа проводилась с применением систематического размещения вариантов.

Сроки полива устанавливались на основании наблюдений за ходом изменения влажности почвы в метровом слое почвогрунта.

Анализ данных показывает, что заданный по вариантам нижний предположительный порог влажности в активном слое почвы в течение всех лет исследований поддерживался с достаточной точностью. Отклонения от установленного схемой опытов нижнего порога не превышало 5 %.

В разных по погодным условиям и одинаковых по водному режиму почвы вариантах опытов складывалось неодинаковое число и сроки проведения полива. Для поддержания влажности в активном слое почвы на уровне 60 % НВ понадобилось во влажном 2000 году проведение 5 поливов оросительной нормой 1026 м<sup>3</sup>/га, в среднесухом 2001 году – 8 поливов оросительной нормой 1631 м<sup>3</sup>/га, а в острозасушливом 2002 году – 14 поливов средней оросительной нормой 2851 м<sup>3</sup>/га. Для поддержания влажности на уровне активного слоя почвы не ниже 70 % НВ потребовалось проведение 9-20 поливов, нормой 160 м<sup>3</sup>/га. Оросительная норма составила 1443-3195 м<sup>3</sup>/га. Для поддержания влажности активного слоя почвы на уровне 80 % НВ потребовалось 16-34 полива при средней оросительной норме 1686-3574 м<sup>3</sup>/га.

По контрольному варианту за сезон вегетации 2000 года было проведено 3 полива оросительной нормой 1890 м<sup>3</sup>/га, в среднесухом 2001 году 4 полива оросительной нормой 2520 м<sup>3</sup>/га и в острозасушливом 2002 году 8 поливов оросительной нормой 5040 м<sup>3</sup>/га.

Проведенные физиологические исследования на опытах по орошению позволили выявить реакцию сортов Мантет, Мелба, Оттава на различное водоснабжение.

Оптимальная влажность активного слоя почвы на уровне 70 % НВ обусловила повышенное содержание воды и меньшее его изменение в течение дня в листьях яблони по II варианту.

Разные поливные нормы, определяемые вариантами опыта, оказали определенное влияние и на величину водного дефицита листьев яблони. По всем трем вариантам опыта уровень водного дефицита наиболее низкий при II варианте поддержания влажности активного слоя почвы и в среднем по сортам составил 13, 13,5, 13,3 в зависимости от сорта.

Изменение концентрации клеточного сока листьев яблони совпадает с изменениями величины водного дефицита этих же растений, что обусловлено особенностями их водного режима и водоснабжения.

Наиболее низкая концентрация клеточного сока у исследуемых сортов отмечается по II варианту, а наиболее высокие значения по I варианту. Величина

концентрации клеточного сока на III варианте стремится по своим показателям к I варианту, такое соотношение свидетельствует о сходстве состояний водного режима растений в вариантах с поддержанием влажности активного слоя почвы на уровне 60 и 80 % НВ и о менее напряженном состоянии водного режима растений при поддержании влажности на уровне 70 % НВ.

Анализ фотосинтетической деятельности показывает, что наибольшая продуктивность фотосинтеза наблюдалась на варианте с предполивной влажностью активного слоя почвы на уровне 70 % НВ.

Данные фактической урожайности за годы исследований показаны в таблице. На диаграммах видно, что по всем сортам деревьев яблони наилучшие показатели были на варианте с поддержанием предполивного порога влажности активного слоя почвы не ниже 70 % НВ, низшие на контроле.

За все годы исследований, деревья сорта Мантет показали наивысшую урожайность 19,3 т/га.

На основе математического анализа нами были выведены зависимости формирования урожайности яблоневого сада в зависимости от условий водообеспечения.

Самое высокое суммарное водопотребление складывалось во все годы исследований в варианте с предполивной влажностью почвы 80 % НВ. Среднее значение суммарного водопотребления на этом варианте составило 4285 м<sup>3</sup>/га, с колебаниями по годам в диапазоне 4072-4484 м<sup>3</sup>/га. В варианте с предполивной влажностью общий расход понижался по сравнению с вариантом 80 % НВ и составил в среднем 4115 м<sup>3</sup>/га, с колебаниями по годам 3878-4347 м<sup>3</sup>/га. Снижение предполивной влажности до 60 % НВ сопровождалось дальнейшим уменьшением суммарного водопотребления. Расход влаги на этом варианте составил в среднем 4107 м<sup>3</sup>/га.

На контрольном варианте среднее значение составило 4814 м<sup>3</sup>/га.

Нами было установлено, что доля участия оросительной воды в структуре суммарного водопотребления во влажные годы при различных уровнях влажности активного слоя почвы составляет 29-41 % суммарного водопотребления, в остросасушливом 2002 году значение оросительной нормы увеличивается и составляет 69-79 %. Наблюдается обратная зависимость значения атмосферных осадков в структуре суммарного водопотребления. Чем суше год, тем ниже значения. Самый низкий коэффициент использования естественных запасов влаги отмечается при поддержании влажности на уровне 80 % НВ и увеличивается с увеличением предполивного порога влажности. Такие же зависимости наблюдаются и на контрольном варианте.

На основании статистического анализа нами была установлена зависимость суммарного водопотребления деревьев яблони от водного режима почвы и погодных условий года наблюдений, выраженная полиномом второй степени надежности.

Среднесуточное водопотребление, так же как и суммарное, в целом, предопределяется в основном принятым предполивным порогом влажности почвы и метеорологическими условиями вегетационного периода. Увеличение предполивного порога влажности активного слоя почвы сопровождается ростом среднесуточных расходов воды и достигает своего максимального значения на варианте 80 % НВ – 31,3 м<sup>3</sup>/га.

Располагая трехлетними данными о водопотреблении яблоневого сада на фоне поддержания влажности корнеобитаемого слоя, нами были проведены соответствующие расчеты и найдена связь между водопотреблением сада, дефицитом влажности и температурой воздуха.

Выраженные через сумму температур и влажность воздуха биоклиматические коэффициенты суммарного расхода воды имеют небольшую изменчивость как по вариантам, так и в течение вегетации и в среднем равны при поддержании влажности на уровне 60 % НВ 0,26, 0,15; на уровне 70 % НВ - 0,27, 0,16 и на уровне 80 % НВ – 0,28, 0,17.

Различная водообеспеченность активного слоя почвы способствовала получению не одинакового урожая яблоневого сада. Соответственно этому требовалось не одинаковое количество воды. Поддержание предполивного порога на уровне 70 % НВ сопровождалось увеличением урожая исследуемых сортов яблони и способствовало снижению коэффициента водопотребления. Максимальные значения коэффициента водопотребления были при поддержании влажности на уровне 80 % НВ для всех исследуемых сортов.

На основе регрессионного анализа экспериментальных данных нами была установлена связь между урожайностью и коэффициентом водопотребления.

Наиболее высокий и продолжительный прирост побегов за три года исследований наблюдался у сортов яблони в варианте ВПО при поддержании влажности на уровне 70 % НВ. Следует отметить, что длина однолетних побегов была выше на опытных вариантах, чем у контрольных деревьев.

В ходе исследований нами было установлено, что основная масса корней при поверхностном орошении (около 80 %) расположена в слое 0,00-0,60 м. Максимальное количество наблюдается в верхнем 0,0-0,4 м слое – 37,5 %, а затем уменьшается и в слое 0,6-1,0 м составляет –28,3 %. В варианте ВПО максимальное количество корней (49,1 %) находится в слое 0,2-0,6 м, а в слое 0,6-1,0 м всего 30,2 %, т.е. несколько смещается по глубине. Внутрипочвенное орошение способствовало увеличению общей длины корневой системы у деревьев яблони, по сравнению с поверхностным поливом.

При обосновании технико-экономического эффекта режимов орошения деревьев яблони нами было установлено, что наибольший экономический эффект на всех исследуемых сортах получен на варианте с поддержанием влажности на уровне 70 % НВ. Прирост чистого дохода при выращивании сорта Мантет на этом варианте составляет 46470 руб., сорта Мелба – 43470 руб., сорта Оттава –

41070 руб. коэффициент экономической эффективности дополнительных капиталовложений составляет в зависимости от сорта 0,41; 0,39; 0,36 соответственно. Средний срок окупаемости составил 2,6 – 4,1 года.

УДК 631.347

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРЕНОСНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ И РАНЕЕ ПОСТРОЕННЫХ СИСТЕМАХ ОРОШЕНИЯ**

**А.А. Алдошкин**

ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна, Россия

Сложившиеся экономические условия отрицательно сказались на техническом состоянии оросительных систем и, как следствие, привели к изменению состава выпускавшихся ранее машин и оборудования, резкому сокращению их наличия в хозяйствах, снижению мелиоративно-освоенных площадей, падению производства сельскохозяйственной продукции.

Бездействует, разукомплектовывается и приходит в негодность большое количество дождевальных машин, насосных станций, корродирует трубопроводная сеть и оборудование на ней, ухудшается экологическое состояние мелиоративных земель. В результате ранее созданный мелиоративный потенциал разрушается, средства, вложенные в его строительство, омертвляются.

Как известно, развитие оросительных систем до недавнего времени у нас шло по пути увеличения орошаемых участков, повышения расхода, напора и протяженности разветвленной сети трубопроводов. Отдельные орошаемые массивы объединялись в единую систему, где на поливе использовались широкозахватные машины «Фрегат», «Волжанка», «Кубань», «Днепр» и др. Преимущества таких систем положительно сказывались на производительности труда, применении средств автоматизации технологических процессов, экономии людских ресурсов, уменьшения затрат энергии. Создание мощных оросительных систем позволило увеличить темпы развития орошения и осуществить ввод в эксплуатацию больших площадей орошения, что способствовало повышению выхода товарной продукции.

С другой стороны, строительство крупных оросительных систем требовало больших капитальных вложений, поэтапного ввода их в эксплуатацию, решения сложных технических и экологических проблем. Возникали определенные трудности с обеспечением достаточно надежной работы многоэлементной системы. Частые отказы поливной техники, трубопроводов, арматуры, насосно-силового оборудования значительно снижали эффективность работы систем в целом, требовали создания специальной инженерной службы, технического обслуживания и ремонта.

Ранее проведенные обследования работы больших оросительных систем показывают, что их использование было не всегда адекватно капвложениям, затраченным на их строительство. Загрузка всех элементов системы не превышала 62%, а в ряде районов и того ниже.

Структурные изменения в сельском хозяйстве с его многоукладностью форм хозяйствования привели к снижению использования крупных оросительных систем. Соответственно возросла роль относительно небольших по размерам орошаемых участков, оборудованных мобильными средствами водоподачи, либо небольших стационарных насосных станций с ограниченным числом включаемых в работу основных агрегатов.

С развитием новых экономических отношений и форм хозяйствования возникает проблема технического оснащения, в том числе для орошения сравнительно небольших по размерам участков, таких как фермерские хозяйства, коллективные сады и огороды, дачные участки, индивидуальные подворья, арендные землепользования, сельскохозяйственные кооперативы и др.

Малые оросительные системы на таких участках должны отличаться от крупных оросительных систем как по конструкции, так и по функциональному назначению. Очевидно, подход к обеспечению необходимой водоподачи малых оросительных систем должен отличаться практическими техническими решениями и возможностями индивидуальных землепользователей. Анализ современного состояния развития орошения небольших участков выявил их низкую оснащенность; отсутствие налаженного производства ирригационного оборудования, несостоятельность попыток использования традиционных технических решений при организации орошения участков малой площади. Так для полива небольших участков до 20-25га, зачастую используются высокопроизводительные машины ДДА-100МА с нормативной сезонной нагрузкой до 150...200га.

Переход на использование малых оросительных систем значительным образом изменяет условия водоснабжения потребителей. Сдерживая строительство и совершенствование крупных оросительных систем, отказываясь от ряда их преимуществ, сельские товаропроизводители вынуждены предъявлять более жесткие требования к приобретаемой ими технике. Для них важно, чтобы машины и системы обладали не только высокой надежностью, но и простотой конструкции и обслуживания, мобильностью в технологическом процессе, были относительно дешевыми и экономичными, экологически безопасными и обеспечивали подачу воды в любое время поливного сезона в требуемом количестве. С учетом вышесказанного, надежность малых оросительных систем должна обеспечивать потребителей водой в определенных пределах, обусловленных техническими требованиями.

Необходимым условием оснащения ирригационным оборудованием сельхозпроизводителей является индустриализация методов проектирования, ком-

плектации, поставки и монтажа ирригационного оборудования. Типизация технических решений оросительных систем на основе модульного принципа дают возможность в сжатые сроки подготовить проектно-сметную документацию, а модульное исполнение позволяет ускорить поставку ирригационного оборудования.

Типаж ирригационного оборудования должен обеспечивать многообразие технических решений по напору, расходу, водораспределению, уровню и степени автоматизации, стоимости оборудования, позволяющих землепользователю выбрать приемлемый для его условий вариант.

Малые оросительные системы могут быть организованы на ранее построенных исправных оросительных трубопроводах, на которых ранее применялись дождевальные машины ДДН-70, «Волжанка», «Днепр» и другие. В настоящее время данные машины не выпускаются, а сети в ряде случаев для них остались в рабочем состоянии.

Во ВНИИ «Радуга» разработаны и предлагаются для использования технические средства и технические решения по реконструкции существующих оросительных систем. Они могут быть использованы также для организации орошения небольших участков. Технические решения базируются на основе разработанных быстросборных трубопроводов, мобильных ирригационных комплектов, присоединительных узлов и небольших установок.

На рисунке 1 представлена технологическая схема полива двумя передвижными комплектами ДДПТ-30 на сети, ранее используемой дальнеструйным дождевателем ДДН-70. Комплект включает присоединительный узел, полиэтиленовый трубопровод ПНД-110С, дальнеструйную дождевальную тележку.

Применение такого комплекта не требует трактора с навесным насосным оборудованием и больших капитальных вложений, позволяет быстро организовать полив на неиспользуемой в настоящее время сети. Как известно, радиус полива ДДН-70 составляет 70 м и расстояние между распределительными трубопроводами по квадрату составляет 100х100 м, и поэтому созданная дождевальная установка с дождевальными аппаратами ДД-30 не обеспечивает перекрытия полива площади. Для полива всей площади с учетом перекрытия предлагается раскладывать полиэтиленовый трубопровод  $du = 110$  мм длиной 77 м и к нему присоединять перемещаемую установку. Предполагается, что расход дождевальной установки не превышает 30 л/с и напор 60 м.

Малая масса полиэтиленовых труб, простота их монтажа и демонтажа позволяет сократить трудозатраты на смену позиции, небольшая стоимость самой установки и полив наиболее отзывчивых на орошение сельхозкультур позволит сократить срок окупаемости затрат на приобретение комплекта до 1...2 лет.

Ориентировочная площадь полива с помощью таких комплектов составит 30...40 га.

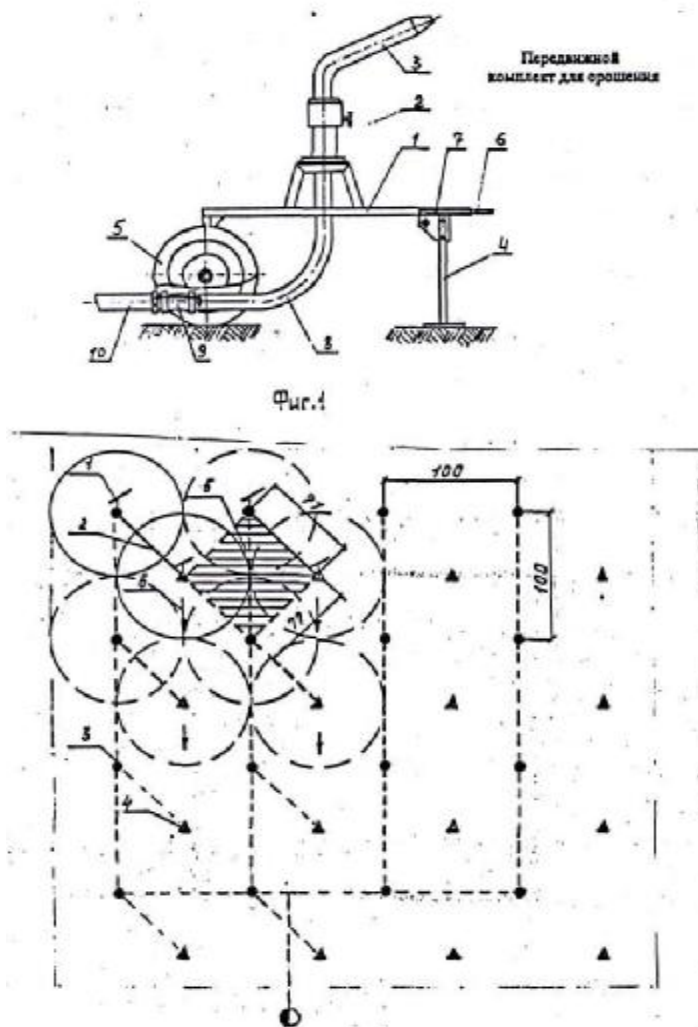


Рисунок 1 - Технологическая схема полива двумя передвижными комплектами 2ДД-30:

1- аппарат ДД-30; 2 – переносной трубопровод  $\varnothing 110$ ; 3 – гидрант ДДН-70; 4 – дополнительная позиция ДД-30; 5 – площадь чистого полива с перекрытием; 6 – направление перестановки комплекта. Расход воды – 30 л/с (2 x 15 л/с); напор на гидранте – 60 м; сезонная нагрузка до 30 – 40 га; площадь полива с 1 позиции – 1 га; интенсивность дождя – 0,18 мм/мин

На рисунке 2 приведена схема использования комплекта(ов) КИ-5 на существующей сети с применением ДМ «Волжанка». Отличие данной сети состоит в том, что она более разрежена, т.е. расстояние между распределительным трубопроводом колеблется от 200 до 800 м, а расстояние между гидрантами 18 м, что соответствует ирригационному комплекту

На данной схеме типовые поливные крылья ирригационного комплекта КИ-5 подсоединяются непосредственно к гидранту, расположенному на сети, причем перекрытие происходит за счет среднеструйных дождевальных аппаратов типа «Фрегат-2». Длина поливных крыльев может быть увеличена до 300м, и соответственно и количество дождевальных аппаратов до 12.

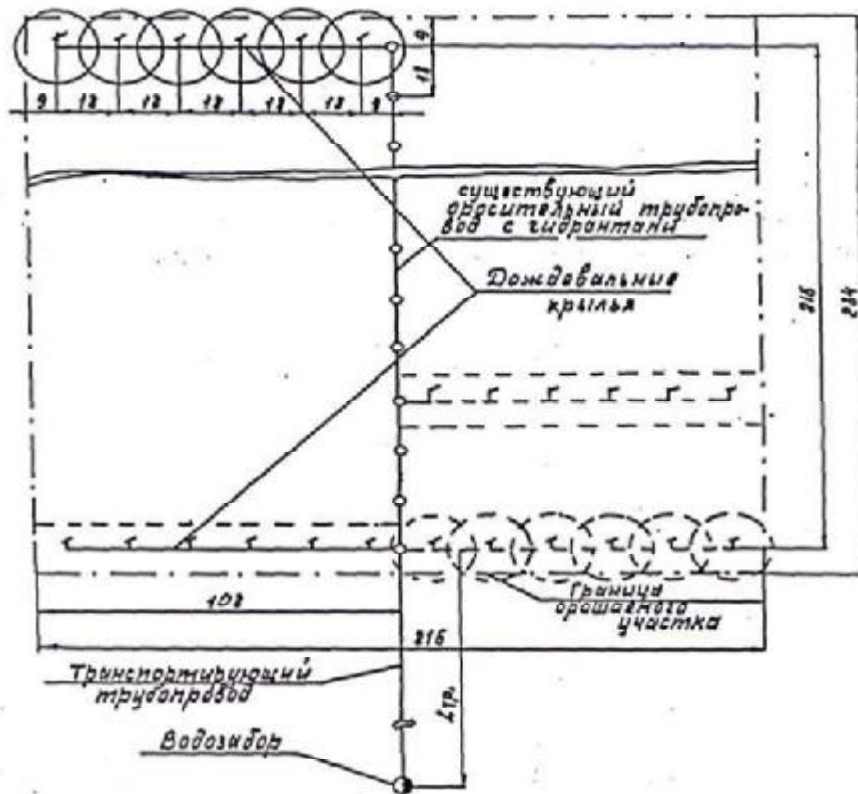


Рисунок 2 - Схема использования комплекта КИ-5 на существующей сети с применением ДМ "Волжанка"

Ориентировочная площадь орошения одним комплектом составит 5÷10га. Увеличение площади орошения может быть достигнуто увеличением количества применяемых поливных крыльев.

На рисунке 3 приведена схема использования комплекта КИ-5 на существующей сети с применением ДМ «Днепр». Отличие данной сети состоит в том, что расстояние между распределительными трубопроводами 920 м, расстояние между гидрантами 54 м. Поэтому дополнительно от гидранта прокладывается распределительный трубопровод длиной 36м диаметром 90 или 110мм. Длина поливных крыльев, как и в предыдущем случае, может быть также увеличена количеством устанавливаемых дождевальных аппаратов. Увеличение площади орошения участка может быть достигнуто также за счет увеличения количества применяемых поливных крыльев.

Наряду с использованием существующих распределительных трубопроводов предлагается самостоятельное использование ирригационных комплектов КИ-5 и КИ-10, а также стационарного поливного модуля на базе сборно-разборных трубопроводов с аппаратами ДД-30. Технологические схемы полива приведены на рисунках 4, 5.



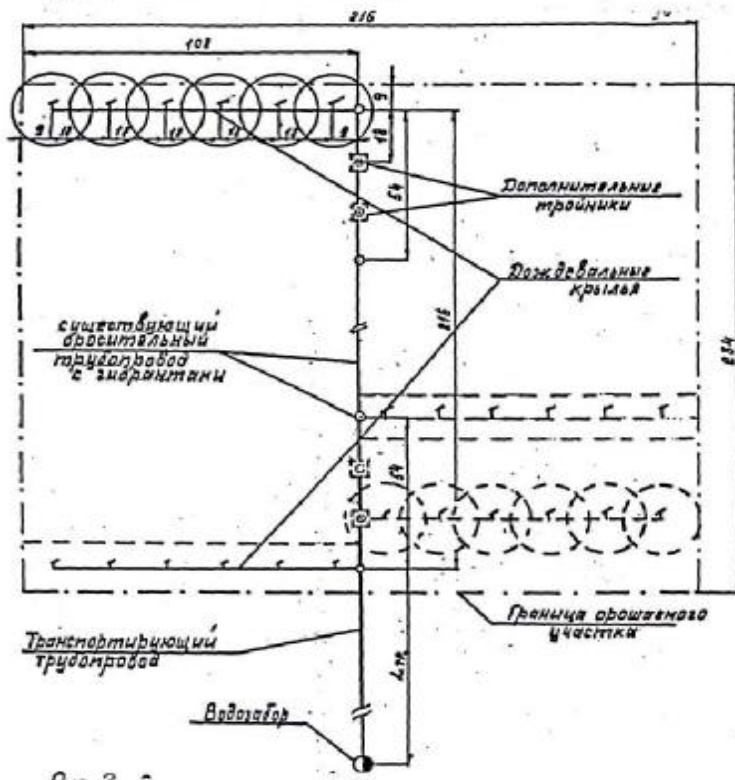


Рисунок 3 - Схема использования комплекта КИ-5 на существующей сети с применением ДМ "Днепр"

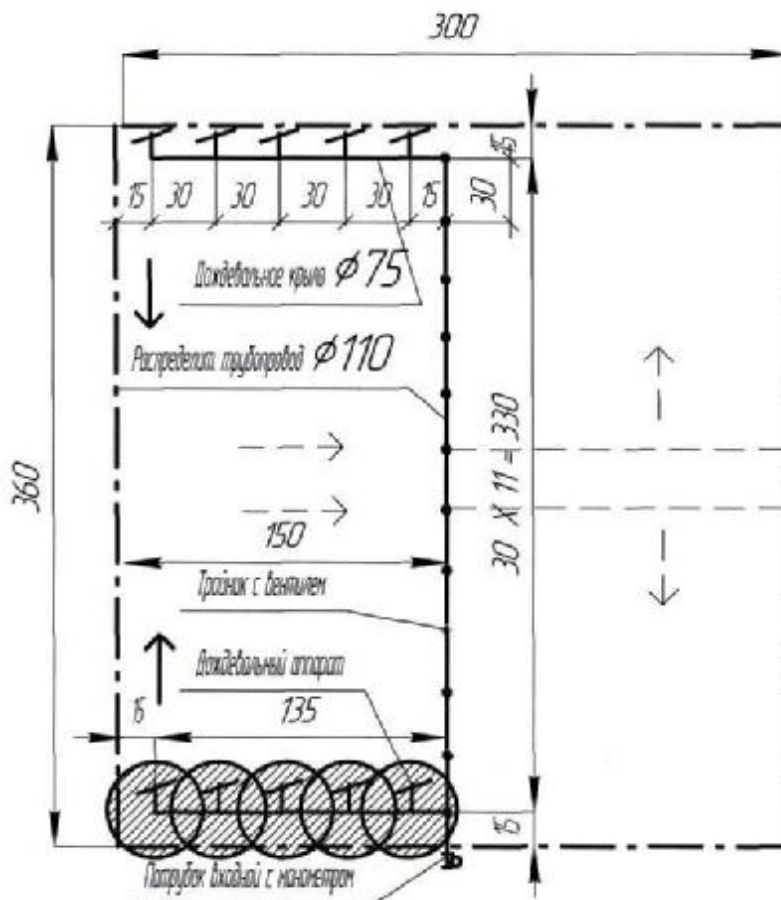


Рисунок 4 - Типовая схема орошения комплектом КИ-10 ( $F_{op} = 10,8$  га)

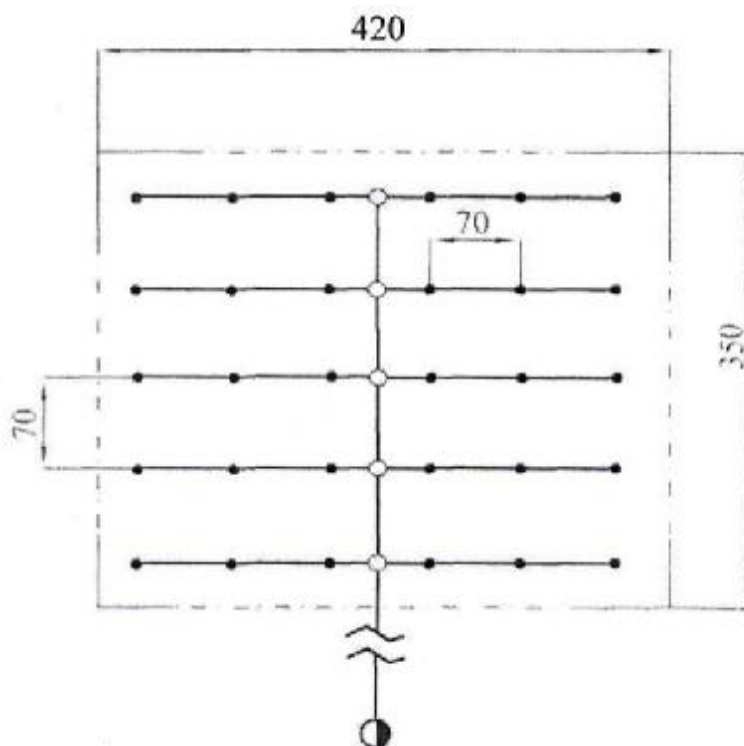


Рисунок 5 - Типовая схема монтажа стационарного поливного модуля с аппаратами ДД-30

Применявшиеся ранее насосные станции в большинстве случаев отработали свой срок. Поэтому приобретение новых насосных станций должно базироваться, во-первых, на требуемый суммарный расход и напор, во-вторых, по виду потребляемой энергии - электрифицированные или дизельные.

Электрифицированные насосные станции выгодно использовать при условии устойчивого обеспечения электроэнергией. Удельная трудоемкость технических обслуживаний и текущих ремонтов, которая характеризует приспособленность к восстановлению работоспособности СНП в целом, у электрифицированных насосных станций ниже по сравнению с классом дизельных передвижных насосных станций (соответственно 0,015 и 0,043 чел./ч).

Простота управления, меньшее число точек смазки, эффективные средства защиты электрифицированных насосных станций сказываются на общей трудоемкости проведения плановых технических обслуживаний в процессе эксплуатации машин.

Унификация электрифицированных насосных станций в среднем выше, чем дизельных за счет сокращения номенклатуры применяемых элементов конструкций, что упрощает и удешевляет их техническое обслуживание и ремонт, уменьшает количество требуемых запасных частей. Появляется больше возможностей организовать восстановление отказавших узлов в специализированных ремонтных цехах или на производственных участках в хозяйствах, что способствует повышению качества ремонта.

Наименьшей энергоемкостью обладают электрифицированные насосные станции, которые предпочтительнее как при проектировании новых оросительных систем, так и при реконструкции существующих. Зачастую, проигрывая по массе, они более экономичны по затратам энергии.

Дизельные станции с насосами типа «Д» обладают меньшей энергоемкостью, благодаря более высокому КПД и отсутствию редуктора в передаче вращения от вала двигателя к насосу.

Дизельные СНП с насосами типа «К» и осевыми имеют близкие значения энергоемкости, так как близки КПД этих насосов и характеристики применяемых дизелей.

Высокая энергоемкость с приводом от вала отбора мощности трактора объясняется низкой загрузкой тракторного двигателя (до 50...20% номинальной мощности), что приводит к увеличению удельного расхода топлива двигателем.

В реальных условиях необходимо руководствоваться фактическим условиям использования НС, учитывая стабильность и своевременность обеспечения электроэнергией или нефтепродуктами а также состоянием экономики в хозяйстве.

Таким образом, на основании сказанного можно сделать следующие выводы:

1. Основной задачей служб эксплуатации в условиях ограниченного финансирования является продление сроков службы основного оборудования оросительных систем, выборочная реконструкция и ремонт наиболее изношенных элементов.

2. Анализ современного состояния орошения показывает, что наиболее эффективными в настоящее время являются малые оросительные системы с применением ирригационных комплектов, не требующих больших капитальных затрат и позволяющего быстро организовать полив на неиспользуемых оросительных трубопроводах.

3. Разработанные ирригационные комплекты благодаря простоте обслуживания и низкой стоимости, найдут широкое применение в орошаемом земледелии.

УДК 631.674.4 (470.45)

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Е.П. Боровой, А.Д. Ахмедов**

Волгоградская ГСХА, Волгоград, Россия

По степени естественной влагообеспеченности Волгоградская область относится к зоне недостаточного увлажнения, поэтому получение высоких уро-

жаев кормовых культур здесь возможно лишь в условиях орошения. Орошение создает необходимые условия для направленного регулирования водного и связанных с ним теплового и питательного режимов почвы и гарантирует получение высоких устойчивых урожаев кормовых культур. Оросительная вода ускоряет растворение питательных веществ в почве, превращая их в доступные для растений формы, повышает обводненность их тканей.

Недостаток влаги в почве оказывает значительное влияние на величину урожайности сельскохозяйственных культур. Так, по данным М.Н. Багрова, И.П. Кружилина снижение предполивной влажности почвы с 80 до 60 % НВ приводит к снижению урожая сена люцерны на 47 %, а исследованиями М.С. Григорова, А.А. Милюкиной, Е.П. Борового доказано, что при повышении предполивной влажности почвы с 70 до 80 % от НВ урожаи люцерны возрастают в среднем на 15-19 т/га.

Однако следует отметить, что возможности получения урожая кормовых культур при поверхностном поливе и дождевании используются не в полной мере.

Более эффективно трудовые и энергетические ресурсы, материально-финансовые средства используются при внутрпочвенном орошении (ВПО), которое позволяет своевременно и качественно выполнять весь научно обоснованный комплекс агротехнических мероприятий, вносить с поливной водой расчетные нормы удобрений под планируемую урожай, поддерживать оптимальный поливной режим при минимальных затратах оросительной воды.

Так, применение систем ВПО представляет возможность непрерывно поддерживать необходимую влажность корнеобитаемого слоя почвы в течение всего вегетационного периода, что существенно влияет на подвижность и доступность влаги для растений. Отсутствие воды на поверхности создает благоприятный режим аэрации верхних слоев почвы, препятствует развитию грибов, вызывающих заболевание растений. Отмечено, что при ВПО на 35-40 % возрастает прибавка урожая сельскохозяйственных культур по сравнению с традиционными методами полива.

В Волгограде, в ОПХ «Орошаемое», был построен в 1975 г. опытно-производственный участок ВПО площадью 3,6 га. Увлажнительная сеть выполнена из гончарных трубок диаметром 50 мм. Расстояние между увлажнителями изменялись от 0,60 до 1,65 м, глубина закладки 0,45-0,55 м, длина 100 м. Изучалось влияние противодиффузионного экрана из полиэтиленовой пленки на формирование контура увлажнения. Получены положительные результаты в этом направлении и доказано, что применение противодиффузионных экранов позволяет увеличить влажность почвы на одном и том же удалении от увлажнителя на 10-15 %. Расстояние между увлажнителями рекомендовано принимать равными 1,2-1,4 м, а без экрана – до 0,8-1,0 м. Особое внимание было уделено определению продолжительности полива. Выявлено, что продолжение

полива после установления постоянного расхода нерационально, так как основная часть поливной воды в это время расходуется непродуктивно на фильтрацию в слое, расположенном ниже активного слоя почвы. На участке при внутрипочвенном орошении получены высокие урожаи кукурузы на силос – до 104,4 и озимой пшеницы до – 8,9 т/га.

В Волго-Ахтубинской пойме проводились исследования по определению оптимального водного и пищевого режима почв при выращивании кукурузы на силос и разработаны технологии внутрипочвенного орошения люцерны на зелёный корм. Построен участок ВПО на площади 1,0 га. Были изучены две конструкции увлажнителей, выполненных из гончарных труб с внутренним диаметром 50 мм, с экраном снизу и сверху из полиэтиленовой плёнки. В первой конструкции трубы соединены муфтами из полиэтиленовой плёнки шириной 0,1 м, расстояние между увлажнителями 2,0 м. Во второй конструкции трубы уложены вплотную друг к другу, стыки их не изолированы, расстояние между увлажнителями 1,5 и 2,0 м. Длина всех увлажнителей 125 м, глубина закладки 0,5 м, уклон 0,002.

Установлены оптимальные нормы внесения удобрений и режим орошения кукурузы на силос при поддержании влажности почвы на уровне 80-85 % НВ. Урожайность кукурузы на силос составила 69,64 т/га, что на 12 % выше, чем при поливе дождеванием.

В ходе проведенных исследований определены обоснованная целесообразность и эффективность применения внутрипочвенного орошения для данных условий. Его применение позволило повысить урожайность люцерны на зелёный корм на 11-15 % при меньших затратах труда и экономии поливной воды на 10-13 % по сравнению с дождеванием ДДА-100 МА. С помощью дисперсионного анализа урожайности люцерны при различных поливных нормах и конструкциях увлажнительной сети определены их оптимальные параметры. Исследован гидравлический режим работы внутрипочвенных увлажнителей. На основании экспериментальных данных исследований получены эмпирические зависимости между основными гидравлическими характеристиками и проверена их достоверность.

В 1983 г. построен опытно-производственный участок ВПО площадью 1,6 га на землях откормсовхоза «Райгородский» в Волгоградской области. Увлажнительная сеть выполнена из труб различных материалов и конструкций. Это - гончарно-дренажные трубки с длиной звена 333 мм и внутренним диаметром 50 мм, уложенные встык, и трубки из ПВХ с внутренним диаметром 45 мм и точечной перфорацией через 0,2 м. Расстояния между увлажнителями принимались равными 1,50, 1,75 и 2,00 м. Длина увлажнителей 160 м. Испытывалась «телескопическая» конструкция увлажнителей с изменяющимися диаметрами у труб по длине увлажнителя. Все увлажнители выполнялись с экранами из полиэтиленовой плёнки снизу и сверху. В результате проведённых исследований

техники ВПО кукурузы на светло-каштановых почвах определены оптимальные параметры увлажнительной сети и режим орошения, что обеспечило прибавку урожая кукурузы в пределах 20-25 % по сравнению с дождеванием.

С 1986 г. проводились исследования на опытно-производственном участке ВПО в совхозе «Лапшинский» Котовского района Волгоградской области. Система ВПО состояла из двух конструкций увлажнительной сети. Первая конструкция – увлажнитель сформирован из гончарных трубок диаметром 50 мм, длиной звена 330 мм, уложенных встык без изоляции мест соединения. Подача поливной воды в почву обеспечивалась через стыки трубок. Вторая конструкция – увлажнитель выполнен из полиэтиленовой гофрированной трубы с внутренним диаметром 52 мм с точечной перфорацией диаметром 2 мм и шагом 0,01 м.

Внутрипочвенные увлажнители длиной 150 м каждый соединены по три штуки коротким трубопроводом в «гребёнки» и проложены по наименьшему уклону местности. Расстояния между увлажнителями в одной из гребёнок одинаковы, а в соседних – различны: от 1,5 до 2,0 м. Распределительный водовод, подающий поливную воду в увлажнители, расположен по максимальному уклону местности. Перед каждой «гребёнкой» на выходе из распределительного водовода установлена регулирующая ёмкость с поплавковым клапаном, позволяющим поддерживать заданный напор в голове всех трёх увлажнителей.

Особенностью исследований являлось наличие большого (до 0,03) поперечного уклона участка орошения, что оказывало значительное влияние на распространение подпочвенной влаги. При таких условиях полив дождеванием может привести к водной эрозии почвы. Применение ВПО с подачей воды снизу-вверх позволило перераспределить часть поливной воды в верхние горизонты почвы за счёт влияния геодезического уклона. Отмечено, что через 3-12 часов после завершения полива происходит перемещение влаги вверх на периферийных участках, удаленных от оси увлажнителя на 1,5-1,75 м, ниже по уклону.

Исследованиями установлено, что применение системы внутрипочвенного орошения в этих условиях позволило повысить урожайность суданской травы на 12-37 % по сравнению с дождеванием. При этом достигается экономия оросительной воды на 27 % и энергетических ресурсов на единицу получаемой продукции по сравнению с дождеванием, создаются более благоприятные условия водного режима почвы, механизации обработки поля и ухода за культурами.

В 1992 г. в фермерском хозяйстве СКХ «Садовод» Загарулько Михайловского района Волгоградской области был построен опытный участок внутрипочвенного орошения площадью 2,5 га. Увлажнители выполнены из трубки ПВХ с внутренним диаметром 100 мм и точечной перфорацией через 0,2 м. Увлажнители соединены муфтами из полиэтиленовой пленки. Во избежание заиливания отверстий увлажнители обертывались стеклохолстом. Укладка ув-

лажнителей велась на глубину 0,5 м. Расстояние от увлажнителя до штамба дерева составляет 0,5 м, а между увлажнителями 6 м.

Изучение характера влияния орошения на рост и развитие плодовых растений производилось путем сравнения деревьев орошаемого и неорошаемого участка по следующим показателям: вегетативному приросту; площади листовых пластинок; урожаю и качеству плодов.

Возраст яблоневого сада 6 лет. Для опытов взяты сорта «Северный Синап», «Голден Делишес», «Ренет Курский Золотой», «Джоноред», «Память Мичурина» и «Корт Ланд». В ходе исследований выявлено, что для нормального роста, развития и плодоношения сада яблонь одним из главных условий является создание оптимальных условий водообеспеченности метрового слоя почвы. Недостаточная водообеспеченность нарушает рост и развитие яблони и, прежде всего, отражается на её плодоношении. Как показывают опыты, разность между приростами надземной части дерева при ВПО, и орошении по бороздам, составила 3-7 см, а внутрпочвенном и богарой 7-14 см, по бороздам и богарой 5-7 см. Длина активных и переходных корней при внутрпочвенном орошении по сравнению с бороздковым была выше в среднем на 10-12 %.

В 1998 г. при внутрпочвенном орошении сад вступил в фазу плодоношения. Средняя урожайность с дерева составила на различных сортах от 28 до 34 кг, а на орошении по бороздам и богаре урожая практически не было.

В 1999 г. в ОАО «Сады - Придонья» Городищенского района был построен опытный участок внутрпочвенного орошения площадью 1,5 га. Цель исследований сводилась к изучению особенностей и закономерностей передвижения влаги в почвенном профиле при использовании увлажнителей различных конструкций, обоснованию основных параметров СВПО, предельно допустимых длин, уклонов и расстояний между увлажнителями в зависимости от почвенно-климатических условий и возделываемых сельскохозяйственных культур, а также установлению рационального режима поливов, исключающего потери воды на фильтрацию и обеспечивающего получение устойчивых урожаев в условиях Нижнего Поволжья.

Системы локального внутрпочвенного орошения построены в существующем 6-летнем яблоневом саду, представленном летними сортами Мелба, Оттава, Мантет на карликовом подвое М9 со схемой посадки 6 × 4 м и густотой стояния 416 деревьев на один гектар.

Внутрпочвенные полиэтиленовые увлажнители диаметром 40 мм заложены с одной стороны на расстоянии 1,2 м от ряда деревьев. Увлажнители состоят из чередующихся перфорированных и неперфорированных участков, длина которых составляет соответственно 1,2 и 2,8 м. Перфорированные участки с перфорацией в виде круглых отверстий диаметром 2 мм и шагом 0,15 м расположены в зоне размещения основной массы корней деревьев симметрично относительно штамба. Для уменьшения потерь воды на глубинную фильтрацию и

увеличения ширины контура увлажнения использовался полнооборотный экран шириной 0,4 м, выполненный из полиэтиленовой пленки и имеющий односторонний водовыпуск, направленный в сторону расположения ряда деревьев. Увлажнители заглушены на конце пробкой и имеют длину 150 м.

Для увеличения области увлажнения почвы в зоне расположения основной массы корней деревьев рекомендуется применять односторонний полнооборотный противодиффузионный экран. Ширина экрана определяется исходя из необходимости создания благоприятного режима влагообеспеченности плодовых культур, увлажнения основной площади водного питания растений в почвогрунтах, представленных в основном средними суглинками, которая принимается равной 0,3-0,4 м.

В результате проведенного корреляционно-регрессионного анализа получены аппроксимирующие зависимости динамики параметров контура увлажнения почвы после полива, коэффициент корреляции изменяется от 0,961 до 0,991. Использование этих зависимостей позволяет определять динамику влажности почвы после полива с точностью до 12,3 %.

Методами планирования эксперимента получены математические модели отклика, которые дают возможность определить основные параметры систем внутрипочвенного орошения. При этом напор в голове увлажнителя  $H = 0,53 - 0,6$  м; длина увлажнителя  $L = 148$  м; диаметр увлажнителя  $d = 40$  мм; расстояние между увлажнителями  $B = 1,5$  м.

Максимальная урожайность яблоневого сада при поддержании уровня предполивной влажности активного слоя почвы 70 % НВ на участке внутрипочвенного орошения составила по сорту Мелба 42,2 кг/дерево, по сорту Оттава 40,4 кг/дерево, по сорту Мантет 46,3 кг/дерево, что на 30-50 % выше в сравнении с вариантом поверхностного орошения. При увеличении или снижении влажности почвы на 10 % НВ наблюдалось статистически достоверное снижение урожайности яблок ( $НСР_{05} = 2,1$  кг/дерево).

Реализация рекомендуемой технологии внутрипочвенного орошения яблоневого сада, ориентированной на урожайность яблок 17-20 т/га, экономически выгодна. Экономический эффект от внутрипочвенного орошения, обеспечивающего поддержание влажности почвы 70 % НВ, составил 68000 р. при индексе доходности 2,10. Срок окупаемости вложенных средств с учетом затрат на строительство составил 2,4-4,1 года.

Проведенные исследования показывают, что внутрипочвенное орошение по сравнению с орошением по бороздам и богарой оказывает благоприятное влияние на общее развитие плодовых деревьев.

Однако внутрипочвенное орошение еще недостаточно изучено в различных почвенно-климатических условиях, поэтому в ряде случаев необходимо предварительное установление некоторых элементов техники полива. Такие наблюдения нетрудно провести в производственных условиях. Предваритель-



ные опыты необходимы в случае послойной неоднородности почв по гранулометрическому и структурному составам. Поэтому при строительстве СВПО на больших площадях предварительно устанавливают расстояние между внутрипочвенными увлажнителями и глубину их укладки, выбирают оптимальные поливные нормы и определяют время их впитывания, и рассчитывают длину внутрипочвенных увлажнителей.

УДК 631.6.117.626.667

## **ОХРАНА ПОЧВ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

**Е.П. Боровой, Н.В. Перекрестов**

Волгоградская ГСХА, Волгоград, Россия

Интенсивный рост промышленности и народонаселения, современное землепользование привело к деградации почвенного и растительного покровов, снижению биоразнообразия и даже к исчезновению отдельных видов почв. Падение плодородия почв особенно наглядно по состоянию их основного показателя — содержанию гумуса. Почвы Волгоградской области за 35 лет потеряли гумуса 7,7 т/га и за весь период землепользования 23,5 т/га.

Поэтому закономерным явлением в конце XX в. было становление экологического почвоведения и развитие подходов к сбережению почвенных ресурсов. Необходимость охраны редких и находящихся под угрозой исчезновения почв предусмотрены действующим природоохранным законодательством.

Сохранение почвенного разнообразия (прежде всего естественного) позволит познать экологические функции почв, механизмы формирования основных их свойств, способность создавать потенциальное плодородие как среду обитания живого населения почвы и роста растений. С учетом свойств и значения почвы, как одного из главных компонентов биосферы, возникает актуальная потребность разработки научно-правовой основы сохранения почвенного разнообразия

Основные загрязнители почвы: 1) пестициды (ядохимикаты); 2) минеральные удобрения; 3) отходы и отбросы производства; 4) газодымовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу; 5) нефть и нефтепродукты.

Среди пестицидов наибольшую опасность представляют *стойкие хлорорганические соединения* (ДДТ, ГХБ, ГХЦГ), которые могут сохраняться в почвах в течение многих лет и даже малые их концентрации в результате биологического накопления могут стать опасными для жизни организмов. Вот почему применение наиболее опасного из них — ДДТ в нашей стране и в ряде других стран запрещено.

Почвы загрязняются и *минеральными удобрениями*, если их используют в неумеренных количествах, теряют при производстве, транспортировке и хране-

нии. Из азотных, суперфосфатных и других типов удобрений в почву в больших количествах мигрируют нитраты, сульфаты, хлориды и другие соединения.

Огромный вред для нормального функционирования почв представляют *газо-дымовые выбросы* промышленных предприятий. Почва обладает способностью накапливать весьма опасные для здоровья человека загрязняющие вещества, например тяжелые металлы.

Значительное количество свинца содержат почвы, находящиеся в непосредственной близости от автомагистралей, показывают 30-кратное превышение концентрации свинца по сравнению с его содержанием (20 мкг/г) в почве незагрязненных районов.

Государственным центром агрохимической службы «Волгоградский» проводились обследования почв в различных районах коллективных хозяйств нашей области (Ленинский, Октябрьский, Фроловский, Среднеахтубинский, Городищенский, Калачевский, Клетский) по выявлению загрязнения почв наиболее применяемыми в хозяйствах пестицидами (ЦХЦГ, децис, фастак, каратэ, 2,4-Д), а также тяжелыми металлами (ртуть, свинец, фтор, мышьяк, цинк, никель, кобальт, медь, кадмий, марганец).

Согласно результатам исследований, присутствие в почвах остаточных количеств определяемых пестицидов не обнаружено.

Содержание тяжелых металлов в почве ниже ориентированно допустимых концентраций (ОДК) и варьирует в пределах; фтор - 2,8 - 8,7; мышьяк - 1,4 - 2,3; никель - 1,5 - 2,7; медь - 5,3 - 9,8; свинец - 7,8 - 11,5; марганец - 2,3 - 3,6 раза, кадмий - 1,2 - 1,6 раза ниже ОДК. Присутствие ртути не превышает 0,037 мг/кг.

Государственной станцией агрохимической службы «Михайловская» проводились обследования на содержание в почвах остаточных количеств пестицидов ГХЦГ, 2,4-Д и тяжелых металлов (ртуть, хром, мышьяк, цинк, никель, Медь, свинец, кадмий). Согласно результатам исследований, присутствие в почве остаточных количеств применяемых пестицидов не обнаружено. Содержание тяжелых металлов ниже ориентировочно-допустимых концентраций, а именно: мышьяк - в 1,3 - 2,6; цинк - 0,6 - 9,0; никель 4,0 - 7,0; медь 11,4 - 14,0; свинец 2,0 - 8,0 раз. Содержание ртути колеблется в пределах 0,004 - 0,007 мг/кг.

Государственной станцией агрохимической службы «Камышинская» проведены исследования в коллективных хозяйствах Старополтавского, Камышинского, Палласовского, Жирновского, Николаевского, Котовского и Руднянского районов области на содержание радионуклидов и остаточных количеств пестицидов (ГХЦГ, ДЦТ, дефис, Би-58) и содержание тяжелых металлов (цинк, медь, кобальт, никель, марганец, хром).

По данным исследований наличия остаточных количеств пестицидов не обнаружено. Содержание тяжелых металлов в почве не превышает ориентировочно допустимых и предельно - допустимых концентраций.

Загрязнение обследованных почв радиоактивными элементами не выявлено. Однако использование земельных ресурсов области должно соответствовать двум задачам - экономической и экологической, где проблемы повышения продуктивности земель, их охрана от деградации, восстановление природных ландшафтов должны иметь первоочередное значение и решаться только комплексно.

Кроме этого нашими исследованиями установлено, что при внутрипочвенном орошении с поддержанием влажности почвы не ниже 65 % НВ существенных изменений плотности твердых фаз и общей порозности не произошло. С увеличением числа поливов плотность почвы возрастает. Наибольшее уплотнение почвы наблюдается на глубине 0,3-0,6 м. При дождевании наиболее существенное уплотнение происходит в верхних (0-0,3 м) слоях почвы, а нижние (0,3-1,0 м) остаются практически без изменений (табл. 1).

Таблица 1 - Влияние способов орошения на основные физические свойства почвы

Слой почвы,	Плотность почвы, т/м <sup>3</sup>		Плотность твердой фазы почвы, т/м <sup>3</sup>		Порозность, %	
	дождевание	ВПО	дождевание	ВПО	дождевание	ВПО
0,0-0,1	1,28	1,25	2,67	2,68	52,1	54,0
0,1-0,2	1,44	1,34	2,67	2,69	45,3	48,7
0,2-0,3	1,43	1,40	2,67	2,69	44,9	46,5
0,3-0,4	1,57	1,55	2,66	2,68	38,6	40,3
0,4-0,5	1,55	1,57	2,65	2,68	41,5	41,8
0,5-0,6	1,56	1,60	2,65	2,69	40,9	40,3
0,6-0,7	1,54	1,55	2,65	2,67	42,1	42,0
0,7-0,8	1,50	1,60	2,65	2,67	40,8	40,1
0,8-0,9	1,57	1,57	2,66	2,67	41,2	41,2
0,9-1,0	1,55	1,55	2,60	2,67	40,0	40,0
0,0-0,5	1,45	1,42	2,66	2,68	44,5	46,3
0,0-1,0	1,51	1,49	2,66	2,68	42,7	43,5

Сравнивая дождевание и ВПО, можно отметить, что при одинаковом режиме орошения плотность почвы в слое 0-0,5 м увеличивается при дождевании до 1,51 против 1,42 т/м<sup>3</sup> при ВПО. Общая порозность имеет обратную зависимость, нежели плотность почвы. Чем плотнее почва, тем меньшей порозностью она обладает. При ВПО общая порозность в слое 0-0,5 м на 1,7% выше, чем при дождевании, так как при этом верхний слой почвы не имеет непосредственного контакта с водой, а увлажняется по капиллярам. Поэтому сохраняется структура почвы, не образуется корка, уменьшается количество сорняков, семена кото-

рых обычно распространяется с поливной водой, происходит более раннее созревание сельскохозяйственных культур.

Наличие увлажнительной сети при ВПО приводит к повышению воздухообеспеченности почв опытного участка. Более благоприятные водный, воздушный и тепловой режимы почвы улучшают условия микробиологической деятельности на системах ВПО.

В результате хозяйственной деятельности почва теряет свое природное плодородие, деградирует и даже полностью разрушается. Охрана почв это острая глобальная проблема сегодняшнего дня. Охрана и рациональное использование почв - это единое целое; это система мероприятий направленная на защиту качественное улучшение и рациональное использование земельного фонда. Охрана почв необходима для сохранения и восстановления плодородия почв в агроландшафтах Нижнего Поволжья.

УДК 631:674

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА СЕЗОННЫХ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ**

**В.В. Бородычев**

Волгоградский КО ГНУ ВНИИГиМ, Волгоград, Россия;

**М.М. Гавра, Ю.Д. Губаюк**

Волгоградская ГСХА, Волгоград, Россия

В Нижнем Поволжье последние пять лет при выращивании овощных культур фермеры стали использовать сезонные системы капельного орошения. Характерной особенностью этих систем является их мобильность, компактность и модульный принцип проектирования и строительства.

В состав сезонных систем капельного орошения входят насосная станция, узел водоподготовки, оборудование для внесения удобрений с поливной водой, мягкие полимерные трубопроводы разного порядка, изготовленные из полиацетата армированного полиэстером, а также запорная, регулирующая, предохранительная и измерительная арматура, фасонные части, коньекторы и фитинги для монтажа, поливные трубопроводы с встроенными капельницами (эмиттерами), системный контроллер.

Проектирование систем начинается с расчета режима орошения культур принятого севооборота. Согласно действующему СНиП 2.06.03 – 85, «Мелиоративные системы и сооружения» [1], режим орошения рассчитывают по году 90 % - ного превышения дефицита водного баланса.

Поливные нормы овощных культур определяют согласно пособию к СНиП с поправкой на долю увлажняемой площади и диапазон регулирования влажности почвы при капельном способе орошения. Сроки проведения поливов опре-

деляют графо-аналитически по интегральным кривым дефицита водного баланса.

Вторым этапом проектирования системы является определение расхода капельниц и расстояния между ними на поливном трубопроводе. Для условий Нижнего Поволжья при орошении овощных культур используются линии с некомпенсированными капельницами с расходами 1,6...2 л/ч и шагом эмиттеров от 0,3 до 0,5 м в зависимости от типа почвы.

Фирмы-производители капельных линий в своих каталогах и руководствах по монтажу систем приводят таблицы по определению максимальных длин латералей в зависимости от давления, уклона местности, расхода эмиттеров и равномерности эмиссии. А поскольку при расчете поливных модулей необходимо ориентироваться на предельную длину капельных линий, то дополнительного гидравлического расчета при проектировании не требуется.

Следующим шагом определяют параметры поливного модуля. При капельном орошении овощных культур площадь модуля зависит от вида выращиваемой культуры, схемы ее посева или посадки и раскладки поливных трубопроводов, от расходов поливных латералей с учетом их максимальных длин и сортамента лайфлетов.

В условиях Нижнего Поволжья при выращивании широкорядных культур (томаты, перцы, баклажаны) расстояние между поливными трубопроводами принимают 1,4 м, узкорядных (лук, морковь) – 0,7 м.

В проектах капельного орошения, реализованных в регионе, диаметры участков трубопроводов варьируют от 3" до 6" (75...150 мм). Диаметры лайфлетов и потери давления в трубопроводах определяют по известным формулам гидравлики: Дарси-Вейсбаха, Хазена-Вильямса, Ю.А. Скобельцина и др. В каталоге лайфлетов фирмы «Рехасо» [2] для определения коэффициента гидравлического сопротивления рекомендовано использовать формулу Кольбрука-Уайта. По формуле Дарси-Вейсбаха с использованием зависимости Кольбрука-Уайта построена номограмма определения гидравлических потерь в лайфлетах различных диаметров (рис. 1) [2]. Пропускная способность лайфлета диаметром 3" (75 мм) в диапазоне скорости потока 1,5...2 м/с составляет 24...33 м<sup>3</sup>/ч.

В качестве примера определения площадей модулей воспользуемся характеристикой трубки EOLOS LS диаметром 17 мм [3]. При норме подачи воды 1,6 л/ч и расстоянии между капельницами 0,4 м (расход на 1 п. м. – 4 л/ч) максимальная рекомендуемая длина линии – 182 м.

При ширине междурядий культур 1,4 м площадь полива составляет 0,82...1,13 га. Лайфлет диаметром 4" (100 мм) пропускает 42...57 м<sup>3</sup>/ч, площадь полива 1,44...1,95 га; лайфлет диаметром 5" (150 мм) имеет пропускную способность 97...132 м<sup>3</sup>/ч и площадь полива 3,32...4,5 га. Для узкорядных культур рассчитанные площади уменьшаются в 2 раза.

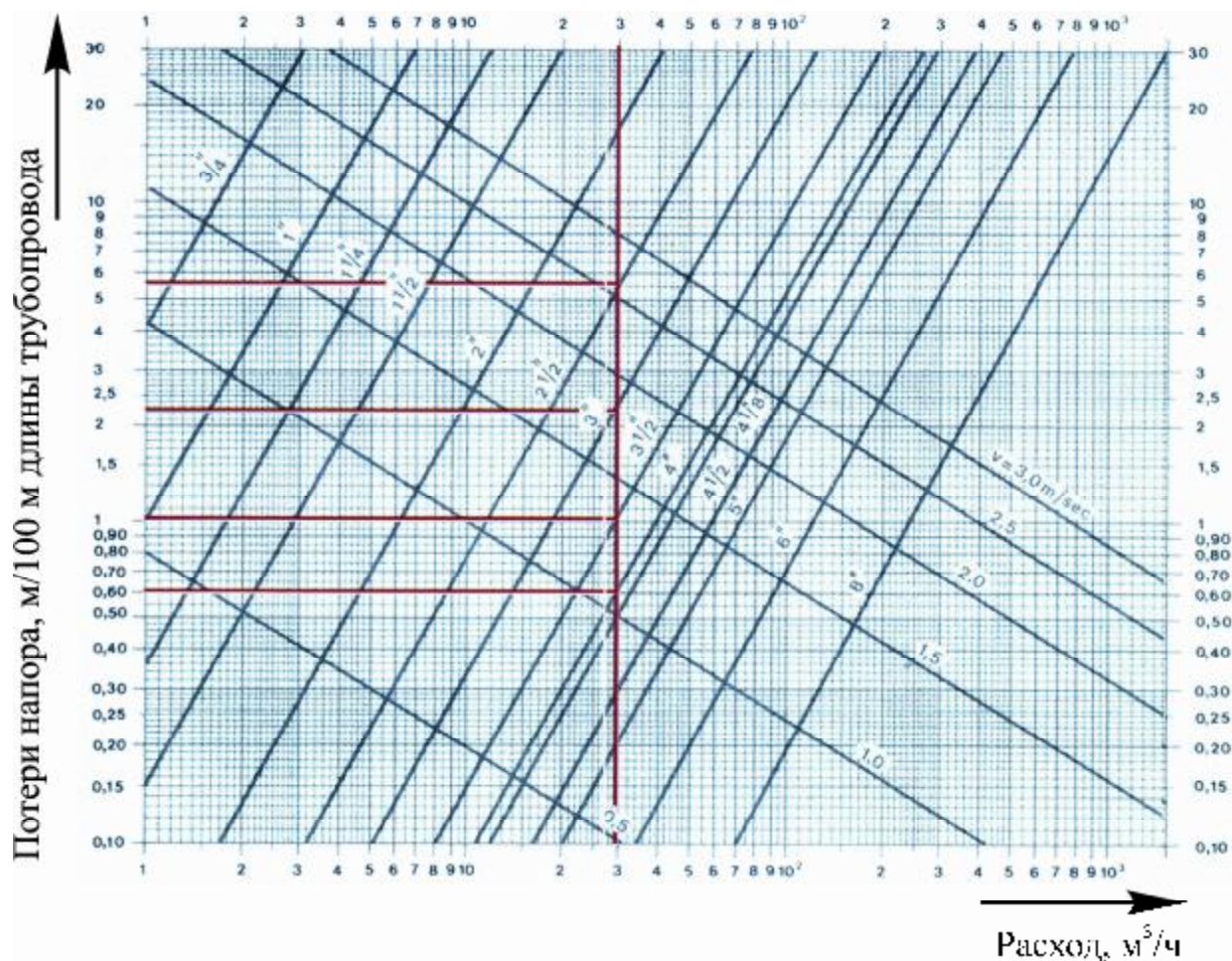


Рисунок 1 – Номограмма для определения диаметров трубопровода и потерь напора по длине

В проектах 2007 года преобладают диаметры лайфлета 4". Соответственно площади модуля капельного орошения для широкорядных культур принимаются не более 2 га, а узкорядных – не более 1 га. Зная площадь модуля и предельную длину поливных трубопроводов, определяют ширину модуля. Для удобства монтажа и экономии дорогостоящего лайфлета ширина модуля принимается кратной 50 м. С учетом принятой ширины в допустимых пределах корректируют площадь модуля. По уточненным размерам корректируют расчеты расходы воды в модуле и потери давления в участковом трубопроводе.

При проектировании модуля капельного орошения продолжительность полива определяют по формуле:

$$t = \frac{m_{нт} F_{мод}}{3,6hQ_{мод}},$$

где  $t$  – продолжительность полива, ч;  $\eta$  – коэффициент использования воды (0,95...0,98);  $m_{нт}$  – рассчитанные поливные нормы нетто, м<sup>3</sup>/га;  $F_{мод}$  – площадь модуля, га;  $Q_{мод}$  – расход воды модуля, л/с.

При эксплуатации участка используют компенсационный режим орошения: ежедневный полив по величине водопотребления прошедших суток. Подобная практика наблюдается в период максимальных температур – июль-август.

При проектировании больших севооборотных участков капельного орошения составляют графики водоподачи и производят их укомплектование с целью минимизации расходов трубопроводов старших порядков. Дальнейшие расчеты производятся по методикам, рекомендованным СНиП 2.06.03 – 85 «Мелиоративные системы и сооружения».

#### **Литература**

1. СНиП 2.06.03 – 85 «Мелиоративные системы и сооружения». / Госстрой России.- М.: ГУП ЦПП. 2001 -60 с.
2. Каталог «Plexaco» 2006г.
3. Каталог «Eurodrip»2007 г.

УДК 631.587:633.853.52

## **К ВОПРОСУ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОВЫШЕНИИ ПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА СОИ НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ**

**В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, Д.А. Пахомов**

Волгоградский КО ВНИИГиМ, Волгоград, Россия

Одним из актуальных направлений решения проблемы продовольственной безопасности РФ является поиск научно-обоснованных путей 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, важной задачей по расширению производства которой в условиях засушливого климата юга России является совершенствование агротехнических приемов для получения высококачественных семян и зерна продовольственного качества.

Волгоградским комплексным отделом ВНИИГиМ проведены ряд теоретических и экспериментальных исследований, в числе приоритетных из которых – производство семенного материала с применением систем капельного орошения, высококачественного продовольственного и кормового зерна при орошении дождеванием.

Экспериментальная часть исследований последовательно реализуется отделом с 1999 года. Все полевые опыты проводятся на мелиорированных землях Нижнего Поволжья.

### **Материалы и методы**

Выбор методологии и методик исследований определяется теорией и практикой формирования сельскохозяйственного производства на комплексно ме-

лиорируемых агроландшафтах с учетом многообразия природных условий в границах региона исследований, генетических особенностей современных используемых и перспективных сортов сои, а также принимая во внимание широкий диапазон ресурсного обеспечения сельскохозяйственных предприятий. В соответствии с обоснованными целями и задачами исследований, а также для получения достоверной исходной информации в качестве основного принят метод полевого многофакторного опыта. Разработка схем, закладка и проведение полевых экспериментов осуществляется с общеметодологическими принципами их ведения, изложенными в фундаментальных работах Б.А. Доспехова (1983), С.В. Мельникова (1980), а также с использованием ряда частных, апробированных методик, в том числе, изложенных в ГОСТах. При выборе исследуемых в полевых опытах факторов и состава учетных показателей, характеризующих влияние этих факторов на рост и продукционные процессы сои, учитывались степень их изученности на основе доступных литературных и отчетных данных, наличие, апробированность, приборное обеспечение и трудоемкость учетных показателей.

### **Результаты исследований**

*Оценка потенциала продуктивности перспективных сортов сои при капельном орошении.* Генетическая сила сорта является основой формирования надежного продукционного процесса и устойчивого фенотипа. В реальных условиях потенциал продуктивности сои определяется также устойчивостью к неблагоприятным внешним воздействиям, не поддающимся регулированию с помощью современных инженерных систем.

Наиболее продуктивным при капельном орошении, в среднем за годы исследований оказался сорт ВНИИОЗ-11 [5]. Урожайность зерна сои на участках, где возделывали этот сорт колебалась по годам исследований от 3,92 до 5,21 т/га, а в среднем за годы исследований составила 4,59 т/га (табл. 1). Сорт отличается высокой адаптивностью к природным условиям региона (точнее к динамике их изменчивости), коэффициент вариации урожайности по годам исследований составила 12,1 %.

Наибольшей устойчивостью в формировании урожайности зерна сои при капельном орошении отличались сорта ВНИИОЗ-76 и ВНИИОЗ-86 раннего и очень раннего срока созревания соответственно. Урожайность зерна сои по сорту ВНИИОЗ-76 в среднем за годы исследований составила 4,39 т/га при наименьшем в опыте коэффициенте вариации, 3,5 %. Урожайность зерна сои по сорту ВНИИОЗ-86 была существенно ниже и составила в среднем за годы исследований 2,87 т/га.

*Урожайность перспективных сортов сои в зависимости от орошения и применения минеральных удобрений* [1, 2, 3]. Основными, легко управляемыми факторами воздействия на урожайность сельскохозяйственных культур явля-



ются минеральное питание и водный режим. Исследования показали, что в условиях естественного плодородия почвы урожайность зерна сои не превышала 2 т/га и в зависимости от сорта и уровня предполивной влажности почвы изменялась в пределах 0,68...1,97 т/га (табл. 2). Внесение минеральных удобрений дозой P<sub>20</sub>K<sub>20</sub> способствовало увеличению зерновой продуктивности посевов, в среднем за годы исследований до 1,32- 1,62 т/га, дозой N<sub>45</sub>P<sub>90</sub>K<sub>80</sub>, рассчитанной на формирование планируемой урожайности зерна 2,5 т/га, обеспечивало достижение планируемой урожайности только при поддержании влажности почвы не ниже 70-80-70 % НВ и 80-80-80 % НВ. В вариантах, где минеральные удобрения вносили максимальной в наших опытах дозой – N<sub>90</sub>P<sub>160</sub>K<sub>140</sub> – урожайность зерна сои в зависимости от водного режима почвы изменялась от 2,05 до 3,52 т/га. На участках с естественным плодородием почвы прибавка урожая зерна сои при повышении уровня предполивной влажности почвы с 60-60-60 до 80-80-80 % НВ составляла 0,14 т/га. При внесении минеральных удобрений дозой P<sub>20</sub>K<sub>20</sub> такое же повышение уровня водообеспеченности посевов увеличивало урожайность сои на 0,24...0,59 т/га. Улучшение условий водного питания растений за счет повышения предполивной влажности почвы с 60-60-60 % НВ до 80-80-80 % НВ на фоне внесения N<sub>90</sub>P<sub>160</sub>K<sub>140</sub> обеспечивало прибавку урожая зерна сои на 0,65...0,94 т/га.

Таблица 1 - Продуктивность перспективных сортов сои при капельном орошении (при поддержании 70-80 % НВ в слое 0,3-0,5 м и внесении N<sub>110</sub>P<sub>100</sub>K<sub>70</sub>)

Сорт	Год исследований					Коэффициент вариации, %	Ошибка выборочной средней, т/га
	2003	2004	2005	2006	среднее		
Волгоградка-1	3,52	3,94	2,36	2,12	2,99	29,5	0,44
ВНИИОЗ-11	4,41	5,21	4,83	3,92	4,59	12,1	0,28
ВНИИОЗ-76	4,55	4,21	4,32	4,47	4,39	3,5	0,08
ВНИИОЗ-86	3,09	2,72	2,88	2,8	2,87	5,5	0,08
ВНИИОЗ-31	3,55	4,41	4,07	4,11	4,04	8,8	0,18
Дон-21	2,52	3,33	3,17	3,54	3,14	14,0	0,22
Зерноградская-2	3,32	5,02	4,37	3,34	4,01	20,7	0,42
Диво	1,84	3,31	2,45	2,21	2,45	25,5	0,31

Исследования показали, что наиболее нестабильна урожайность сои на участках с жесткими условиями водообеспечения и без внесения минеральных удобрений. Коэффициент вариации урожайности всех испытуемых сортов сои на участках с естественным плодородием почвы при поддержании порога предполивной влажности на уровне 60 % НВ достигал 41,6-44,6 %, а при предполивном уровне, 70 % НВ, составил 36,7-40,9 %.

При внесении минеральных удобрений дозой P<sub>20</sub>K<sub>20</sub> варьированность урожайности на участках с таким уровнем водообеспечения снизилась до 24,3-33,5%, а при сочетании дозы внесения минеральных удобрений, N<sub>45</sub>P<sub>90</sub>K<sub>80</sub>, с

поддержанием порога предполивной влажности почвы на уровне 70-80-70 % НВ или 80 % НВ – до 14,9-15,8 %.

Таблица 2 - Урожайность сои по вариантам опыта, т/га

Сорт, группа спелости	Доза удобрений, кг д.в./га	Уровень предпосевной влажности почвы, % НВ	Год исследований								Коэффициент вариации
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	средняя	
Волгоградка 1, среднеранний	Без удобрений	60-60-60	0,90	0,80	0,70	1,02	1,92	1,12	0,70	1,02	41,7
		70-70-70	1,00	0,85	0,90	1,05	2,01	1,19	0,84	1,12	36,7
		70-80-70	1,10	0,90	0,95	1,17	2,01	1,04	1,07	1,18	32,1
		80-80-80	1,10	0,90	0,95	1,07	2,11	1,00	1,00	1,16	36,5
	P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	60-60-60	1,45	1,25	1,20	1,12	2,21	1,25	1,00	1,35	29,7
		70-70-70	1,55	1,35	1,50	1,17	2,32	1,35	1,45	1,53	24,3
		70-80-70	1,70	1,50	1,60	1,34	2,35	1,54	1,32	1,62	21,5
		80-80-80	1,75	1,50	1,60	1,40	2,41	1,33	1,32	1,62	23,6
	N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>80</sub>	60-60-60	2,00	1,80	1,50	1,76	2,72	1,74	1,32	1,83	24,5
		70-70-70	2,50	2,25	2,35	2,12	2,92	1,89	1,75	2,25	17,4
		70-80-70	2,65	2,45	2,50	2,32	3,11	2,01	2,12	2,45	14,9
		80-80-80	2,70	2,45	2,55	2,32	3,21	1,92	2,44	2,51	15,6
	N <sub>90</sub> P <sub>160</sub> K <sub>140</sub>	60-60-60	2,80	2,65	2,20	2,20	3,45	2,01	1,92	2,46	22,0
		70-70-70	3,45	3,10	3,25	2,92	3,55	3,11	2,22	3,09	14,2
		70-80-70	3,75	3,50	3,60	3,42	4,02	3,21	3,11	3,52	8,9
		80-80-80	3,80	3,55	3,60	3,12	3,89	2,89	2,92	3,40	12,2
ВНИИОЗ-76, ранний	Без удобрений	60-60-60	0,85	0,75	0,75	1,05	1,89	1,13	0,68	1,01	41,6
		70-70-70	0,90	0,80	0,85	1,02	2,01	1,19	0,83	1,09	39,4
		70-80-70	1,00	0,90	0,90	1,11	2,00	1,09	1,12	1,16	32,9
		80-80-80	1,00	0,90	0,90	1,03	2,15	1,04	0,97	1,14	39,3
	P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	60-60-60	1,40	1,10	1,10	1,10	2,29	1,31	1,03	1,33	33,3
		70-70-70	1,50	1,20	1,30	1,18	2,35	1,40	1,47	1,49	26,9
		70-80-70	1,65	1,40	1,45	1,33	2,33	1,51	1,25	1,56	23,3
		80-80-80	1,65	1,40	1,45	1,44	2,43	1,33	1,31	1,57	25,1
	N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>80</sub>	60-60-60	2,00	1,80	1,70	1,80	2,78	1,67	1,35	1,87	23,9
		70-70-70	2,40	2,20	2,35	2,07	2,83	1,85	1,75	2,21	16,5
		70-80-70	2,60	2,40	2,50	2,29	3,12	1,93	2,14	2,43	15,6
		80-80-80	2,65	2,45	2,50	2,39	3,06	1,88	2,43	2,48	14,1
	N <sub>90</sub> P <sub>160</sub> K <sub>140</sub>	60-60-60	2,75	2,60	2,20	2,18	3,35	2,07	1,85	2,43	21,0
		70-70-70	3,40	3,00	3,15	2,84	3,57	3,04	2,31	3,04	13,4
		70-80-70	3,55	3,40	3,50	3,49	3,98	3,21	3,13	3,47	7,9
		80-80-80	3,60	3,45	3,55	2,99	4,01	2,87	2,82	3,33	13,3
ВНИИОЗ-86, очень ранний	Без удобрений	60-60-60	0,80	0,70	0,75	1,03	1,97	1,15	0,71	1,02	44,6
		70-70-70	0,90	0,80	0,85	1,07	2,04	1,13	0,79	1,08	40,9
		70-80-70	1,00	0,85	0,90	1,07	1,95	1,09	1,10	1,14	32,6
		80-80-80	1,00	0,85	0,90	1,02	2,23	1,07	0,98	1,15	41,9
	P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	60-60-60	1,30	1,10	1,10	1,14	2,30	1,25	1,04	1,32	33,5
		70-70-70	1,40	1,20	1,30	1,14	2,35	1,34	1,54	1,47	27,9
		70-80-70	1,50	1,50	1,50	1,34	2,34	1,51	1,28	1,57	22,5
		80-80-80	1,55	1,45	1,50	1,50	2,39	1,32	1,34	1,58	23,3
	N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>80</sub>	60-60-60	2,00	1,90	1,75	1,87	2,80	1,67	1,37	1,91	23,2
		70-70-70	2,45	2,25	2,35	2,17	2,96	1,85	1,83	2,27	17,0
		70-80-70	2,60	2,45	2,45	2,28	3,13	1,97	2,08	2,42	15,8
		80-80-80	2,65	2,50	2,50	2,46	2,95	1,92	2,46	2,49	12,3
	N <sub>90</sub> P <sub>160</sub> K <sub>140</sub>	60-60-60	2,25	2,15	1,90	1,80	2,96	1,76	1,53	2,05	22,9
		70-70-70	2,60	2,40	2,50	2,33	2,87	2,49	2,01	2,46	10,7
		70-80-70	2,80	2,65	2,70	3,10	3,40	2,79	2,81	2,89	9,2
		80-80-80	2,75	2,65	2,75	2,58	3,54	2,38	2,28	2,70	15,2
НСП <sub>05</sub>										0,17	

Наиболее устойчиво, по годам с разной обеспеченностью климатическими ресурсами, урожайность сои формируется при поддержании порога предполивной влажности почвы на уровне 70-80-70 % НВ в сочетании с внесением минеральных удобрений дозой  $N_{90}P_{160}K_{140}$ . Коэффициент вариации урожайности на участках, где обеспечивалось такое сочетание водного и пищевого режимов почвы, составил 7,9-9,2 %.

*Урожайность ранних сортов сои, в зависимости от срока посева при орошении в сочетании с применением минеральных удобрений.* Анализ данных, приведенных в литературных источниках, результатов собственных исследований показывает, что соя обладает большой пластичностью и комбинационной способностью формирования урожая. Сравнительный анализ продуктивности сортов сои раннего срока созревания - Северная-5, СОЕР-3, ВНИИОЗ-86 - показал наиболее высокую урожайность зерна в посевах сорта ВНИИОЗ-86 (табл. 3). Так, наибольшая урожайность зерна сои в посевах сорта ВНИИОЗ-86, формирующаяся при поддержании дифференцированного порога предполивной влажности почвы 70-80-80 % НВ в сочетании с внесением минеральных удобрений дозой  $N_{50}P_{85}K_{80}$ , составила в среднем за годы исследований 2,61 т/га. В посевах сорта СОЕР-3 при таком же сочетании условий водного и минерального питания растений в среднем за годы исследований было собрано 2,20 т/га зерна сои, урожайность зерна в посевах сои сорта Северная – 5 не превышала 2,21 т/га. Наибольшая урожайность зерна сои сорта Северная – 5, 2,25 т/га, формировалась в варианте, где на фоне дифференцированного по фазам развития растений порога предполивной влажности сои минеральные удобрения вносили дозой  $N_{90}P_{145}K_{135}$ , рассчитанной на планируемую урожайность зерна 3,5 т/га. Наибольшая урожайность зерна сои сорта СОЕР-3, полученная при таком же уровне водного и минерального питания растений, составила 2,35 т/га. Важно отметить наиболее сильную в сравнении с другими сортами такого же срока созревания положительную реакцию сорта ВНИИОЗ-86 на улучшение водного и пищевого режима почвы. Коэффициент вариации численных значений урожайности зерна сои сорта ВНИИОЗ-86, изменяющийся при разных сочетаниях условий водного и минерального питания, составил 0,41, в то время как в посевах сортов СОЕР-3 и Северная – 5 не превышал соответственно 0,29 и 0,31.

Наиболее существенно по годам исследований урожайность зерна сои изменялась на участках, где посев проводили в обычные (согласно действующим рекомендациям) срокам – 10 мая [3, 4]. При внесении удобрений дозой  $N_{50}P_{85}K_{80}$  коэффициент вариации урожайности в зависимости от условий водобеспечения при посеве 10 мая изменялся в пределах 12,2-32,7 %. При посеве сои (очень раннего срока созревания) в более поздние сроки, 20 и 30 мая, ус-

Таблица 3 - Сравнительная оценка продуктивности сортов сои очень раннего срока созревания (среднее за 2002-2006 гг.)

Доза внесения минеральных удобрений, кг.д.в./га	Уровень предположительной влажности почвы, % НВ	Сорт											
		Северная - 5				СОЕР-3				ВНИИОЗ-86			
		Урожайность, т/га	Высота прикрепления нижнего боба, м	Содержание в семенах белка, %	Содержание в семенах жира, %	Урожайность, т/га	Высота прикрепления нижнего боба, м	Содержание в семенах белка, %	Содержание в семенах жира, %	Урожайность, т/га	Высота прикрепления нижнего боба, м	Содержание в семенах белка, %	Содержание в семенах жира, %
Без удобрений	60-60-	0	0	2	1	0	0	2	2	0	0	3	1
	70-70-	0	0	2	1	0	0	2	2	0	0	2	1
	70-80-	1	0	2	2	1	0	2	2	1	0	2	2
N <sub>10</sub> P <sub>25</sub> K <sub>25</sub>	60-60-	1	0	2	1	1	0	3	2	1	0	3	1
	70-70-	1	0	2	1	1	0	2	2	1	0	3	1
	70-80-	1	0	2	2	1	0	2	2	1	0	2	2
N <sub>50</sub> P <sub>85</sub> K <sub>80</sub>	60-60-	1	0	3	1	1	0	3	2	1	0	3	1
	70-70-	1	0	2	1	1	0	3	2	2	0	3	1
	70-80-	2	0	2	2	2	0	2	2	2	0	3	1
N <sub>90</sub> P <sub>145</sub> K <sub>135</sub>	60-60-	1	0	3	1	1	0	3	1	1	0	3	1
	70-70-	1	0	2	1	2	0	3	2	2	0	3	1
	70-80-	2	0	2	2	2	0	3	2	2	0	3	2
НСР <sub>05</sub> =		0				0				0			

тойчивость формируемых уровней урожайности зерна повышалась, а коэффициент ее вариации по годам исследований снижался до 7,3 %.

*Урожайность сои в зависимости от способа посева при разных уровнях водообеспечения.* Орошение в зоне сухих степей Нижнего Поволжья позволяет создавать благоприятные условия роста многих сельскохозяйственных культур, в том числе, влаголюбивых, к которым относятся соя. Регулирование водного режима почвы путем проведения регулярных вегетационных поливов позволяет комплексно управлять и другими факторами, например, температурным режимом, условиями минерального питания, а также определяет состав и соотношение полезной и вредной биоты. Растения сои в условиях орошаемого земледелия Нижнего Поволжья интенсифицируют фотосинтетическую деятельность, существенно возрастает активность ростовых процессов и развития. Наряду с этим орошение сои в регионе позволяет повысить эффективность ряда технологических приемов ее возделывания. Одним из важнейших факторов, оказывающих существенное влияние на продуктивность посева сои при орошении, становится комплекс агротехнических приемов, определяющих площадь питания растений [6].

Приоритетной задачей подбора оптимальной площади питания растений является улучшение условий радиационного питания. Равномерное освещение листьев сои на всех ярусах растений является необходимым условием повышения продуктивного потенциала культуры в посевах. Кроме того, от площади питания растений зависит вентилируемость посева, газовый состав воздуха в приземном слое и в почве. Регулировать все эти факторы жизни растений необходимо комплексно, наряду с орошением включая способ и плотность посева культуры.

Результаты полевого эксперимента, заложенного в 2006 году, убедительно показали существенную зависимость продуктивности сои при достаточном уровне водообеспечения от способа ее посева (табл. 4).

Поддержание дифференцированного порога предполивной влажности почвы, 70-80-80 % НВ, в опыте обеспечило формирование наибольших уровней урожайности - 3,05-3,80 т/га. При обычном, широкорядном посеве сои с междурядьем 0,7 м (В1) урожайность зерна сои в среднем по повторениям составила 3,05 т/га и была наименьшей при таком уровне водообеспечения. Применение дифференцированного способа посева – 20 рядов с междурядьями 0,7 м и формированием 15 растений на 1 п.м. к уборке, плюс 3 ряда с междурядьями 0,7 м и формированием 15 растений на 1 п.м. к уборке (В2) обеспечило повышение урожайности зерна до 3,52 т/га или на 0,47 т/га в сравнении с обычным широкорядным способом посева ( $НСР_{05} = 0,22$  т/га). При посеве сои по схеме другого варианта – 16 рядов с междурядьями 0,07 м и формированием 15 растений на 1 п.м. к уборке, плюс 3 ряда с междурядьями 0,7 м и формированием 10 растений на 1 п.м. к уборке (В3) урожайность зерна сои формировалась на

Таблица 4 - Урожайность зерна сои при разных способах посева (2006 год)

Уровень пред- поливной влажности почвы, % НВ	Способ посева	Урожайность, т/га					Δ У на каждом фоне режимов орошения	
		Повторность				Сред- няя, У	т/га	%
		I	II	III	IV			
70 % НВ	В1 – широкорядный	2,12	2,15	2,46	2,47	2,30	–	–
	В2 – дифференцированный	2,37	2,39	2,37	2,43	2,39	0,09	3,9
	В3 – дифференцированный	2,45	2,29	2,50	2,52	2,44	0,14	6,1
70-80-70 % НВ	В1 – широкорядный	2,81	2,77	3,13	2,53	2,81	–	–
	В2 – дифференцированный	3,15	3,06	3,59	2,92	3,18	0,37	13,2
	В3 – дифференцированный	3,08	3,17	3,27	3,40	3,23	0,42	14,9
70-80-80 % НВ	В1 – широкорядный	2,93	2,85	3,49	2,93	3,05	–	–
	В2 – дифференцированный	3,55	3,30	3,82	3,41	3,52	0,47	15,4
	В3 – дифференцированный	3,70	3,45	3,83	4,22	3,80	0,75	24,6
НСР <sub>05</sub> , т/га						0,22		

уровне 3,80 т/га, что существенно (на 0,28 т/га) выше, чем при посеве сои по схеме варианта В2, и на 0,75 т/га больше в сравнении с широкорядным способом посева. При поддержании порога предполивной влажности почвы на уровне 70-80-70 % НВ (когда поливы проводились при снижении влажности до 70% НВ в период от посева до цветения и в период налива бобов) продуктивность посева сократилась до 2,81–3,23 т/га. При этом статистически значимое повышение урожайности отмечено в дифференцированных способах посева в сравнении с широкорядным – на 0,37-0,42 т/га ( $НСР_{05} = 0,22$  т/га). Разница между дифференцированными способами посева при таком уровне водообеспечения не превышала статистически значимой границы – 0,05 т/га.

При поддержании умеренного уровня водообеспечения (порог предполивной влажности почвы 70 % НВ) средняя урожайность зерна сои в посевах составляла 2,0-2,44 т/га. При этом статистически значимой прибавки урожайности в зависимости от способа посева сои получено не было.

Таким образом, применение дифференцированных способов посева сои эффективно только при высоком уровне водообеспечения, когда влажность почвы в периоды цветения, формирования и налива бобов не снижается менее 80 % НВ (вариант 70-80-80 % НВ). При поддержании постоянного порога предполивной влажности почвы на уровне 70 % НВ формирование сложной архитектуры посева не оправдано.

#### **Литература**

1. Балакай, Г.Т. Соя: экология, агротехника, переработка / Г.Т. Балакай, О.С. Безуглова. – Ростов на Дону: Феникс, 2003. – 160 с.
2. Бородычев, В.В. Вопросы водосбережения при возделывании сои / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, М.Ю. Моисеев // Мелиорация и водное хозяйство. – № 4. – М., 2003. – С. 22-24
3. Бородычев, В.В. Орошение и удобрение перспективных сортов сои / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Плодородие. – №6. – М., 2004. – С. 30-31
4. Бородычев, В.В. Минеральное питание сои / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Агрохимический вестник. – №5. – 2005. – С. 20-21.
5. Бородычев, В.В. Капельное орошение сои / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, А. А. Диденко, Д.А. Пахомов. – Волгоград: Панорама, 2006. – 168 с.
6. Соя: биология и технология возделывания / Под ред. В.Ф. Баранова и В.М. Лукумца. – Краснодар: «Советская Кубань», 2005. – 434 с.

УДК 631.587

### **ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ И УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

**В.В. Бородычев**

Волгоградский КО ГНУ ВНИИГиМ, Волгоград, Россия;

**А.В. Шуравилин, В.Т. Скориков**

РУДН, Москва, Россия

В Волгоградской области ведущей зерновой культурой является озимая пшеница. Под ее посевами занято 80% площади зерновых, что составляет при-

мерно 1,5 млн.га. Из-за недостатка влаги в почве урожайность озимой пшеницы по годам неустойчивая и невысокая и в среднем за последние годы составляет 1,9т/га.

В технологии возделывания зерновых в засушливой зоне большое значение придается способам основной обработки почвы, которые направлены на максимальное накопление и сохранение почвенной влаги.

При частых засухах эффективное возделывание озимой пшеницы возможно только при орошении. Несмотря на относительно слабую обеспеченность их питательными элементами при достаточной влагообеспеченности за счет орошения и улучшения агрофизических свойств обработками, можно получать высокие стабильные урожаи зерна озимой пшеницы. Необходимость исследования эффективности способов основной обработки почвы (вспашка, плоскорезная обработка и их сочетание с щелеванием), а также орошения обуславливается недостатком влаги, неблагоприятными агрофизическими свойствами светло-каштановых почв.

Исследования проводились в 2001-2004 гг. на полях СПК им. Крупской, Котельниковского района Волгоградской области. Почва опытного участка светло-каштановая, незасоленная, среднесуглинистая, слабогумусированная; содержание гумуса в слое 0-25см составляет 2,26%, реакция почвенного раствора слабощелочная ( $pH_{\text{сол.}}$  7,25). Обеспеченность легкогидролизующим азотом и подвижным фосфором низкая, а обменным калием достаточно высокая. В пахотном горизонте в среднем содержится -3,5мг/100г, легкогидролизующего азота составляет 4,03 мг/100г подвижного фосфора и 33,4мг/100г обменного калия. Сумма поглощенных катионов составляет 27,42 мг.экв/100г, из которых обменный калий занимает 74%, магний -24% и натрий – 2%. Характерной особенностью состава поглощенных катионов является, во - первых, присутствие натрия и во - вторых повышенное количество магния.

В полевом опыте возделывалась озимая пшеница сорта «Донщина».

Было заложено два полевых опыта по единой схеме (табл.1).

Таблица 1 - Схема полевого опыта

Номер варианта	Способ основной обработки почвы
1	Отвальная вспашка
2	Плоскорезная обработка
3	Отвальная вспашка + щелевание
4	Плоскорезная обработка+ щелевание

Опыт 1 проводили в условиях естественного увлажнения с нормой посева 4 млн. всхожих семян на гектар, а опыт 2 – при орошении с нормой посева 6 млн. всхожих семян на гектар. В опыте 2 принимался дифференцированный режим орошения озимой пшеницы дождеванием агрегатом ДДА-100МА.



В фазу выхода растений в трубку и налива зерна пшеницы предполивная влажность почвы поддерживалась на уровне 70 % НВ, в фазу колошения – на уровне 80 % НВ, а перед посевом проводили влагозарядковой полив дождеванием. Удобрения вносили в виде навоза под пар в количестве 40 т/га. Весной проводили азотную подкормку в дозе 30 кг д.в./га.

Наиболее разрыхленной была почва на период посева озимой пшеницы, а уплотненной к периоду уборки, особенно при орошении. В пахотном слое 0-30 см наименьшая плотность сложения ( $1,08\text{г/см}^3$ ) отмечалась при посеве на фоне отвальной вспашки в сочетании с щелеванием, а наибольшая перед уборкой в опыте 2 с орошением на фоне плоскорезной обработки ( $1,29\text{г/см}^3$ ).

В районах неустойчивого увлажнения и тем более в засушливых условиях с глубоким залеганием грунтовых вод, влага в почве накапливается преимущественно в осенне-зимний и весенний периоды. На фоне естественного увлажнения в слое почвы 0-30 см продуктивные запасы после весеннего кущения резко снизились, и их было недостаточно для получения высокого урожая. При этом наиболее благоприятные запасы продуктивной влаги сохранялись на фоне плоскорезной обработки в сочетании с щелеванием. Иной характер распределения запасов продуктивной влаги наблюдался на фоне орошения. Здесь ее запасы в слое почвы 0-30 см по всем вариантам обработки почвы были достаточные во все фазы роста и развития растений, как в осенний, так и в летний периоды развития растений, за счет проведения влагозарядкового и вегетационных поливов. При этом содержание продуктивных запасов влаги было наибольшим в варианте 3 (вспашка+щелевание).

В опыте 2 во все годы исследований перед посевом озимой пшеницы проводился влагозарядковый полив нормой  $600\text{ м}^3/\text{га}$ . В зависимости от влаго-теплообеспеченности вегетационного периода число поливов и их распределение изменялось от 5 до 3-х (табл.2). Так, в 2002 г. при относительно сухом летнем вегетационном периоде было проведено 5 поливов, годовая оросительная норма составила  $2900\text{ м}^3/\text{га}$ , а вегетационная –  $2300\text{ м}^3/\text{га}$ . В средневлажном 2003 г. за период летней вегетации было подано 4 полива, при этом годовая оросительная норма составила  $2500\text{ м}^3/\text{га}$ , а вегетационная –  $1900\text{ м}^3/\text{га}$ . Во влажном 2004 г. за период летней вегетации было проведено 3 полива с годовой оросительной нормой  $2000\text{ м}^2/\text{га}$  и вегетационной –  $1400\text{ м}^3/\text{га}$ . При орошении суммарное водопотребление озимой пшеницей возрастает в среднем в 1,7 раза (до  $3860\text{ м}^3/\text{га}$ ).

Независимо от способов основной обработки и условий увлажнения максимальную поверхность листьев озимая пшеница формирует в фазу колошения и постепенно наращивает, начиная с фазы полного трубкования. Такая картина просматривается как в вариантах без орошения, так и с орошением. В опытах без орошения она достигла до 36,51 – 39,52 тыс  $\text{м}^2/\text{га}$ , а с орошением составила 50,6 тыс  $\text{м}^2/\text{га}$  при плоскорезной обработке и 55,5 тыс  $\text{м}^2/\text{га}$  при вспашке в сочетании с щелеванием. Площадь листовой поверхности озимой пшеницы в эту

фазу на всех вариантах опыта 2 была выше, чем в вариантах опыта 1 без орошения в 1,3 - 1,4 раза.

Таблица 2 - Режимы орошения озимой пшеницы по вариантам опыта\*

Год исследований	Влагозарядковый полив	Вегетационные поливы					Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га		
		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	вневегетационная	вегетационная	годовая
2002	600 5.IX	500 8.V	500 18.V	400 29.V	400 9.VI	400 17.VI	600	2300	2900
2003	600 2.IX	500 5.V	500 15.V	400 29.V	500 14.VI	-	600	1900	2500
2004	600 6.IX	500 20.V	400 2.VI	500 15.VI	-	-	600	1400	2000

\*Примечание: числитель – норма полива м<sup>3</sup>/га; знаменатель – дата полива.

Различие в массе сухого вещества озимой пшеницы наблюдались как в зависимости от способа основной обработки, так и от особенностей увлажнения. Накопление сухого вещества наблюдалось в течение всего периода вегетации. Если в период осеннего кушения в вариантах с различными способами обработки количество биомассы составляло 0,48 – 0,54 т/га в условиях естественного увлажнения и 0,68 – 0,74 т/га в условиях орошения, то в фазу полной спелости эти показатели увеличились соответственно до 11,51 – 14,61 т/га и 18,04 – 21,51 т/га. Нарастание вегетативной массы способствовало образованию максимального количества биомассы с единицы площади в фазы колошения, молочной и восковой спелости. Существенное накопление сухого вещества озимой пшеницы отмечалось в фазу трубкования (4,84 – 5,92 т/га – в условия естественного увлажнения и 5,99 – 6,28 т/га – при орошении). В последующие фазы развития растений прирост в накоплении сухого вещества озимой пшеницы при каждой фазе развития растений в условиях естественного увлажнения примерно составил 2 т/га, а в условиях орошения – 3 – 5т/га.

В целом отмечалась тенденция возрастания сухой массы при плоскорезной обработке в сочетании с щелеванием, по сравнению с контролем.

В условиях естественного увлажнения отмечался более высокий показатель фотосинтетического потенциала посевов при плоскорезной обработке в сочетании с щелеванием – выше контроля (вспашка) на 11,7%. При орошении наибольший фотосинтетический потенциал посевов был характерен для вариантов вспашка и плоскорезная обработка в сочетании с щелеванием и был выше, чем при плоскорезной обработке на 9%. На фоне естественного увлажнения наиболее высокие показатели ЧПФ в среднем за вегетацию отмечались в

варианте плоскорезной обработки в сочетании с щелеванием, а наименьшая величина ЧПФ была получена в контроле, где проводилась вспашка. При этом по сравнению с контролем ЧПФ при плоскорезной обработке в сочетании с щелеванием был выше на 16,3%.

Чистая продуктивность фотосинтеза при орошении повышалась на фоне вспашки в сочетании с щелеванием, а наименьший показатель ЧПФ в среднем за вегетацию был получен при проведении плоскорезной обработки (табл.3).

Таблица 3 - Влияние способов основной обработки и орошения на показатели формирования фотосинтетической деятельности посевов озимой пшеницы  
Донщина (2002-2004 гг.)

Варианты опыта	Максимальная площадь листьев, м <sup>2</sup> /га	ФП посевов, млн. м <sup>2</sup> /га	Биологический урожай, т/га	ЧПФ в среднем за вегетацию, г/м <sup>2</sup> -сутки	Урожай зерна, т/га	Индекс урожая, %
Опыт 1: варианты без орошения						
1.Вспашка (контроль)	36,51	1,18	8,39	7,06	3,11	37,06
2.Плоскорезная обработка	36,73	1,16	8,76	7,49	3,37	38,47
3.Вспашка+щелевание	39,52	1,21	9,59	7,87	3,69	38,47
4.Плоскорезная обработка+щелевание	39,81	1,18	9,75	8,21	3,75	38,46
НСР <sub>05</sub>	1,24	0,03	0,45	0,26	0,27	-
Опыт 2: варианты с орошением						
1.Вспашка (контроль)	51,8	1,67	17,85	10,68	5,95	33,33
2.Плоскорезная обработка	50,6	1,59	17,51	11,01	5,65	32,26
3.Вспашка+щелевание	55,5	1,69	18,35	10,85	6,33	34,49
4.Плоскорезная обработка+щелевание	53,9	1,59	18,12	11,39	6,04	33,33
НСР <sub>05</sub>	1,30	0,06	0,32	0,25	0,23	-

Таким образом, с помощью обработок и орошения можно регулировать ростовые процессы озимой пшеницы, повысить их интенсивность, ослабить отрицательные действия экстремальных условий среды, снизить депрессию фотосинтеза и повысить продуктивность посевов. Условия увлажнения заметно сказывались на изменении индекса урожая посевов озимой пшеницы. Если в естественных условиях увлажнения он был равен 28,5-31,06, то при орошении он уменьшался в среднем на 15%. Полученные данные свидетельствуют о том, что при естественном увлажнении почвы с большим индексом урожая, меньшую долю занимает солома и большую долю - зерно в урожае озимой пшеницы.

Анализ структуры урожая (табл.4.) показал, что основные показатели формирования урожая озимой пшеницы зависели как от особенностей обработки почвы, так и от условий увлажнения. В условиях естественного увлажнения наибольшая высота растений отмечалась при плоскорезной обработке в сочетании с щелеванием и была выше контроля на 6%. При орошении наиболее благоприятные условия для роста растений наблюдались на фоне вспашки в сочетании с щелеванием.

Продуктивная кустистость на одно растение была также наибольшей в варианте с плоскорезной обработкой в сочетании с щелеванием в условиях естественного увлажнения, и вспашка + щелевание при орошении. В целом формирование структуры урожая озимой пшеницы было наиболее благоприятным при плоскорезной обработке в сочетании с щелеванием в условиях естественного увлажнения и в варианте со вспашкой в сочетании с щелеванием в условиях орошения.

Наиболее благоприятные условия для получения максимальной урожайности зерна обеспечивались при проведении плоскорезной обработки + щелевание в условиях естественного увлажнения и вспашке + щелевание при орошении. Так, в условиях естественного увлажнения максимальная урожайность зерна озимой пшеницы была получена в варианте с проведением плоскорезной обработки в сочетании с щелеванием и в среднем за три года составила 3,75т/га, что на 20,6% больше по сравнению с контролем. Здесь плоскорезная обработка увеличила урожайность зерна на 0,26т/га или 8,4%, а вспашка в сочетании с щелеванием на 0,58 т/га или 18,6% по сравнению с контролем. В опыте 2 при орошении, независимо от основной обработки почвы, урожайность озимой пшеницы по сравнению с вариантами обработки при естественном увлажнении увеличивалась в среднем за годы исследований в 1,6-1,9 раза (с 3,11-3,75т/га до 5,95-6,33т/га).

Наиболее высокая урожайность озимой пшеницы на фоне орошения в среднем за 2002-2004гг была получена на фоне отвальной вспашки в сочетании с щелеванием (6,33т/га), что на 0,38 т/га или на 6,4% больше контроля. Таким образом, в условиях естественного увлажнения наиболее благоприятные усло-

вия для получения высокого урожая озимой пшеницы создаются при плоскорезной обработке с щелеванием, а в условиях орошения – при отвальной вспашке в сочетании с щелеванием.

Таблица 4 - Роль способов основной обработки на формирование структуры урожая озимой пшеницы сорта Донщина (2002-2004 гг.)

Варианты опыта	Высота растений, см	Кустистость, шт/раст.		Число зерен, шт.		Масса зерна, г.		Масса 1000 зерен г.		Число, шт/м <sup>2</sup>		Масса зерна г/м <sup>2</sup>
		общая	продуктивная	с растения	с главного стебля	с растения	с главного стебля	с растения	с главного стебля	растений	продуктивных стеблей	
Опыт 1: варианты без орошения												
1.Вспашка (контроль)	102,3	2,78	1,75	35,4	25,3	1,34	1,10	37,9	38,9	232,0	367,5	311
2.Плоскорезная обработка	105,2	2,81	1,60	36,6	26,2	1,45	1,06	39,6	40,3	232,4	371,8	337
3.Вспашка+щелевание	105,2	2,89	1,69	37,5	27,1	1,49	1,12	39,7	41,4	247,2	417,8	369
4.Плоскорезная обработка +щелевание	108,7	2,94	1,85	37,7	27,3	1,51	1,17	40,1	42,8	248,1	485,9	375
НСР <sub>05</sub>	3,3	0,04	0,12	0,02	0,24	0,09	0,04	0,12	0,67	12,8	42,3	14,3
Опыт 2: варианты с орошением												
1.Вспашка (контроль)	109,3	1,74	1,12	38,7	33,9	1,54	1,44	39,8	42,6	386,4	432,5	595
2.Плоскорезная обработка	111,4	1,63	1,06	39,4	36,7	1,52	1,50	38,6	40,9	371,4	393,7	563
3.Вспашка+щелевание	119,9	1,98	1,18	39,1	33,2	1,57	1,45	40,2	43,7	402,6	475,8	633
4.Плоскорезная обработка +щелевание	115,8	1,72	1,14	39,7	34,8	1,59	1,49	40,1	42,8	379,2	432,3	604
НСР <sub>05</sub>	3,5	0,09	0,03	0,04	0,72	0,04	0,03	0,08	0,09	18,5	37,4	18,8

Влияние основной обработки и орошения на качество зерна озимой пшеницы существенно не сказалось. Следует отметить, что на фоне орошения по сравнению с вариантами обработки без орошения произошло некоторое снижение содержания белка и клейковины и повышение содержания крахмала. Эти данные показывают, что в условиях орошения наблюдается тенденция ухудшения некоторых показателей качества зерна.

Таким образом, приемы обработки почвы в сочетании с щелеванием и орошение оказывали наиболее благоприятное влияние на физиолого-биологические показатели озимой пшеницы. В условиях естественного увлажнения наибольшие значения листовой поверхности, ФП посевов и ЧПФ отмечались при плоскорезной обработке+щелевание (контроля на 9-16%), а при орошении большие значения физиологических показателей обусловлены также заметным увеличением нормы высева пшеницы.

Приемы основной обработки и условия увлажнения влияли на формирование структуры урожая озимой пшеницы. Плоскорезная обработка в сочетании с щелеванием в условиях естественного увлажнения обеспечивала наибольшую кустистость, число зерен и массу зерна, что на 10-20% выше контроля. На фоне орошения наиболее благоприятные условия для формирования структуры урожая были получены при вспашке в сочетании с щелеванием.

Урожайность озимой пшеницы в условиях естественного увлажнения была наибольшей на фоне плоскорезной обработки в сочетании с щелеванием и в среднем составила 3,75т/га, что превышало контроль на 20,6%. При орошении самая высокая урожайность была получена при вспашке+щелевании (в среднем 6,33т/га), а наименьшая – при плоскорезной обработке - в среднем 5,63т/га. При этом орошение повышало урожайность озимой пшеницы в 1,6-1,9 раза по сравнению с естественным увлажнением.

УДК 631:674

## **ОСОБЕННОСТИ АГРОТЕХНИКИ РЕПЧАТОГО ЛУКА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ**

**В. В. Выборнов**

Волгоградский КО ГНУ ВНИИГиМ, Волгоград, Россия

Нижнее Поволжье, как зона развития овощеводства, благоприятна для возделывания теплолюбивых плодовых, корнеплодных, луковых культур, как ранних, так и поздних овощей в открытых и закрытых грунтах.

На орошаемых землях Волгоградской области имеющийся уровень производства лука в настоящее время не соответствует потребностям населения, а качество продукции во многих случаях не отвечает требованиям стандарта. Объясняется это тем, что из-за недостаточного объема исследований прошедшего периода невозможно дать объективную комплексную оценку эффективности технологии возделывания лука и определить пути повышения рентабельности производства этой культуры. Спрос же на ценную овощную культуру по содержанию витаминов – репчатый лук и продукты его переработки – ежегодно растет, но удовлетворяется далеко не полностью.

В современных экономических условиях рост стоимости ГСМ, удобрений, гербицидов послужил основанием проведения дополнительных исследований по снижению материальных и энергетических затрат за счет усовершенствования режима орошения и применению удобрений, как основных элементов технологии возделывания репчатого лука с целью получения экономически выгодных урожаев.

Применение систем капельного орошения и минеральных удобрений при обязательном соблюдении комплекса агротехнических мероприятий позволяет: получать стабильный урожай, обеспечивает высокое качество луковиц, рассматривает минеральные удобрения не только как средство непосредственного обеспечения растений элементами питания, но и как основной фактор повышения плодородия орошаемых земель в условиях Нижнего Поволжья.

С учетом сложившихся сегодня эколого–экономических условий необходимо разработать режимы капельного орошения в связи с различной глубиной увлажняемого слоя почвы и применением расчетных доз удобрений для получения высоких урожаев репчатого лука на уровне 50...70 т/га.

В основу рабочей гипотезы получения различных уровней урожайности положен учет биологических особенностей культуры, определяющих изменение ее продуктивности в связи с различными пределами снижения влажности активного слоя почвы и обеспеченности растений элементами минерального питания. В соответствии с этим схема опытов включает несколько вариантов по водному режиму почвы и нормам внесения удобрений. Оценка условий и закономерностей функционирования посевов в сложной системе «почва–климат–растение» позволит на основе анализа экспериментальных данных подойти к разработке технологии возделывания репчатого лука при капельном орошении для получения программируемых урожаев культуры. На всех вариантах опыта рельеф, почвенные, гидрологические условия были идентичными. Для исключения влияния почвенных разностей была соблюдена четырехкратная повторность каждого варианта. По площади земельного участка опыт был заложен методом организованных повторений. Полевой опыт проводился по двухфакторной схеме. Экспериментом предусматривалось изучение влияния водного режима почвы (фактор А) и уровня минерального питания (фактор В) на продукционный процесс и урожайность лука – репки сорта «Халцедон»:

**Фактор А (режим орошения):**

**Вариант А<sub>1</sub>** – поддержание предполивного порога влажности почвы в первой половине вегетации (от посева семян до образования луковицы) в слое 0,3 м на уровне 80-85% НВ, во второй (от образования луковицы до технической спелости) – 70-75% НВ в слое почвы 0,3 м;

**Вариант А<sub>2</sub>** – поддержание предполивного порога влажности почвы в первой половине вегетации (от посева семян до образования луковицы) в слое 0,3 м

на уровне 80-85% НВ, во второй (от образования луковицы до технической спелости) – 70-75% НВ в слое почвы 0,4 м;

**Вариант А<sub>3</sub>** – поддержание предполивного порога влажности почвы в первой половине вегетации (от посева семян до образования луковицы) в слое 0,3 м на уровне 80-85% НВ, во второй (от образования луковицы до технической спелости) – 70-75% НВ в слое почвы 0,5 м.

**Вариант А<sub>4</sub>** – поддержание предполивного порога влажности почвы от посева семян до технической спелости лука в слое 0,3 м на уровне 80% -85%НВ (контроль).

Данные дифференцированные режимы были заложены исходя из того, что лук на разных стадиях развития, в силу своих биологических особенностей предъявляет различные требования к влажности почвы. Наряду с уровнем предполивной влажности для определения поливной нормы необходимо знать глубину увлажняемого слоя почвы. Поливками увлажняют активный слой, в котором размещается основная масса всасывающей корневой поверхности. По строению и размерам корневой системы лук относится к растениям с поверхностной, слабо развитой разветвленной корневой системой, в основном расположенной в пахотном слое и частично уходящей в глубину до 0,5м.

#### **Фактор В (уровень минерального питания):**

Схемой опыта по пищевому режиму почвы (фактор В) было предусмотрено четыре варианта доз внесения удобрений, рассчитанных на получение четырех различных уровней урожайности томатов: **В<sub>1</sub>** – без удобрений, **В<sub>2</sub>** – внесение N<sub>65</sub>P<sub>55</sub>K<sub>15</sub> на планируемую урожайность лука 50 т/га, **В<sub>3</sub>** – внесение N<sub>115</sub>P<sub>85</sub>K<sub>65</sub> на планируемую урожайность лука 60 т/га, **В<sub>4</sub>** – внесение N<sub>165</sub>P<sub>115</sub>K<sub>115</sub> на планируемый урожай лука 70 т/га.

При проведении исследований использовали комплект оборудования фирмы ОАО «Ортех», общая площадь опытного участка составляла 10 га в хозяйстве ПБОЮЛ «Ким» Ленинского района Волгоградской области. Площадь одного организованного повторения 0,25 га. Площадь единичной делянки, включающей сочетание трех исследуемых факторов 80 м<sup>2</sup>. Опытный орошаемый участок, находящийся на территории фермерского хозяйства, расположен в подзоне светло-каштановых почв. Почвы данной подзоны характеризуются маломощными гумусовыми горизонтами 0,15–0,25 м и низким содержанием гумуса (1,6–2,3 %) в пахотном слое. Реакция почвенного раствора слабощелочная (рН 7,0–8,3). Емкость поглощения невысокая, сумма поглощенных оснований достигает 28,5 мг/экв. на 100 г почвы. В составе обменных катионов 70–80 % приходится на кальций. Процент натрия в сумме поглощенных оснований колеблется от 2,4 до 3,3 % на несолонцеватых и от 5 до 10 % на солонцеватых почвах. По содержанию доступных форм элементов питания почвы характеризуются низкой обеспеченностью азотом, средней – подвижным фосфором и высокой обменным калием. Содержание общего азота составляет 0,11–0,15 %,



гидролизуемого 2,12–14,16 мг на 100 г почвы. Количество общего фосфора достигает 0,08–0,09 %, а доступного – 2,5–12 мг на 100 г почвы, общего калия по Мильвич – 1,45 %, а обменного – свыше 25 мг на 100 г почвы.

По средним многолетним данным в условиях неустойчивого увлажнения в Нижнем Поволжье пополнение почвенных запасов влаги за счет осадков, выпадающих в период вегетации, недостаточно для получения высоких и стабильных урожаев лука.

В зависимости от поддерживаемого предполивного порога влажности почвы по вариантам опыта и по периодам развития растений поливная норма изменялась от 120 до 310 м<sup>3</sup>/га. При этом число поливов составляло 10-21 с межполивным интервалом 3-4 дня. Поливная норма в первый период вегетации – 120 м<sup>3</sup>/га, во второй – 180 м<sup>3</sup>/га... 310 м<sup>3</sup>/га. Оросительная норма – 1,7 – 2,6 тыс. м<sup>3</sup>/га. Глубина слоя почвы увлажнения изменялась с 0,3 до 0,5 м.

Основным элементом расчета режима орошения является определение суммарного водопотребления культуры на транспирацию и испарение почвы за вегетационный период. Как показали исследования, суммарное водопотребление репчатого лука в значительной степени зависит от уровня предполивной влажности почвы и существенно изменяется в зависимости от периода развития растений. Самое низкое водопотребление наблюдается в начале вегетации до образования настоящих листьев. Затем в период нарастания листовой поверхности и образования луковицы водопотребление увеличивается и к моменту созревания продуктивных органов снова уменьшается. Результаты исследований за 2004 – 2006 г: величины урожаев лука, оросительной нормы, суммарного и среднесуточного водопотреблений представлены в таблице 1.

Наибольшая величина суммарного водопотребления за весь вегетационный период сложилась на варианте, где предполивная влажность почвы поддерживалась на уровне 80-85% НВ и глубине увлажнения 0,3 м – 3880–4860 м<sup>3</sup>/га. Как видно из таблицы, водопотребление за период 2004 – 2006 годы возрастает, что связано с тем, что каждый последующий год был более засушливый по сравнению с предыдущим. Меньшие значения суммарного водопотребления отмечены в 2004 году. На вариантах, где предполивной уровень влажности почвы поддерживался по схеме А<sub>1</sub>, А<sub>2</sub>, А<sub>3</sub> -80-85...70-75 % НВ суммарное водопотребление уменьшалось с увеличением глубины увлажнения от 4760 м<sup>3</sup>/га в 2006 г. до 3640 м<sup>3</sup>/га в 2004 г. Поддержание уровня предполивной влажности почвы по схеме варианта А<sub>4</sub> (80-85 % НВ) потребовало увеличения водопотребления, что сопровождается повышением урожайности лука.

Следует отметить, что чем интенсивнее режим орошения, направленный на поддержание более высокого порога предполивной влажности почвы, тем меньшее участие в формировании суммарного водопотребления принимают естественные осадки в период вегетации лука.

Таблица 1 - Водопотребление репчатого лука при капельном орошении  
(2004-2006г)

Годы	Урожайность, т/га		Предпо- ливаемая влажность почвы, % НВ	Глубина увлаж- нения почвы, м	Дозы минеральных удобрений, кг д.в./га	Водопотребление	
	плани- руемая	факти- ческая				суммар- ное, м <sup>3</sup> /га	средне- суточ- ное,
2004	50	53,0	80-85 70-75	0,3...0,3	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	3770	27
		50,4	80-85 70-75	0,3...0,4	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	3710	26
		49,9	80-85 70-75	0,3...0,5	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	3640	26
		53,9	80-85	0,3...0,3	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	3880	27
	60	62,6	80-85 70-75	0,3...0,3	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	3850	27
		58,2	80-85 70-75	0,3...0,4	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	3620	26
		55,7	80-85 70-75	0,3...0,5	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	3490	25
		63,1	80-85	0,3...0,3	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	4080	28
	70	64,1	80-85 70-75	0,3...0,3	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	3960	28
		61,8	80-85 70-75	0,3...0,4	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	3860	27
		59,2	80-85 70-75	0,3...0,5	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	3740	27
		67,5	80-85	0,3...0,3	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	4180	29
2005	50	54,9	80-85 70-75	0,3...0,3	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	4030	27
		53,9	80-85 70-75	0,3...0,4	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	3980	28
		52,8	80-85 70-75	0,3...0,5	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	3950	29
		55,7	80-85	0,3...0,3	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	4310	30
	60	64,7	80-85 70-75	0,3...0,3	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	4150	28
		61,6	80-85 70-75	0,3...0,4	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	4040	29
		58,6	80-85 70-75	0,3...0,5	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	3860	28
		67,3	80-85	0,3...0,3	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	4420	30
	70	65,7	80-85 70-75	0,3...0,3	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	4260	29
		63,8	80-85 70-75	0,3...0,4	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	4190	30
		60,7	80-85 70-75	0,3...0,5	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	4010	29
		68,8	80-85	0,3...0,3	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	4580	32

2006	50	57,9	80-85 70-75	0,3...0,3	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	4460	30
		55,1	80-85 70-75	0,3...0,4	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	4380	31
		54,4	80-85 70-75	0,3...0,5	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	4290	31
		58,8	80-85	0,3...0,3	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	4560	31
	60	62,7	80-85 70-75	0,3...0,3	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	4610	31
		56,2	80-85 70-75	0,3...0,4	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	4310	31
		52,2	80-85 70-75	0,3...0,5	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	4060	30
		63,7	80-85	0,3...0,3	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	4710	32
	70	64,0	80-85 70-75	0,3...0,3	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	4760	32
		62,1	80-85 70-75	0,3...0,4	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	4690	32
		60,0	80-85 70-75	0,3...0,5	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	4600	31
		65,3	80-85	0,3...0,3	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	4860	34

В условиях орошаемого земледелия необходимо учитывать особенности потребления влаги сельскохозяйственными растениями на протяжении всего вегетационного периода. Поэтому важной задачей наших исследований являлось изучение особенностей и закономерностей изменения суточного водопотребления лука.

Исследованиями выявлена существенная зависимость среднего суточного водопотребления лука от уровня предполивной влажности почвы. Наименьшей величиной среднесуточного водопотребления характеризовался вариант, где поливы проводились при снижении влажности до 70-75% НВ и увеличении глубины увлажнения 0,3-0,5 м. Численные значения среднесуточного водопотребления на этом варианте изменялись от 25 до 32 м<sup>3</sup>/га в зависимости от метеоусловий вегетационного периода.

Анализ динамики среднесуточного водопотребления лука по периодам вегетации позволяет обосновать параметры водного режима почвы для различных уровней планируемой урожайности. В период наибольшей водопотребности необходимо поддерживать такой уровень увлажнения почвы, который в связи с высокой подвижностью и доступностью почвенной влаги полнее удовлетворяет потребности растений в воде. В начальный период вегетации среднесуточное водопотребление ниже, что связано со слабым развитием корневой системы.

Снижение интенсивности поливного режима в этот период в конечном итоге может привести к потере урожая. Без существенной потери продуктивности лука снижение предполивного порога влажности можно проводить на завершающем этапе вегетации, то есть в период «окончание формирования луковичи – техническая спелость луковичи, когда отмечена меньшая потребность

растений во влаге, по сравнению с периодами активного нарастания вегетативной массы и формирования луковицы.

Урожайность репчатого лука зависит от режимов капельного орошения, глубины увлажнения и уровня минерального питания (табл. 2). Как видно, на

Таблица 2 - Урожайность репчатого лука, т/га (2004-2006 гг.)

Годы	Планируемая урожайность, т/га	Глубина увлажнения, м	Водный режим почвы, %НВ	Уровень минерального питания, кг д. в./га	Фактическая урожайность, т/га
2004	50	0,3	80-85...70-75	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	53
		0,3-0,4	80-85...70-75	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	50,4
		0,3-0,5	80-85...70-75	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	49,9
		0,3	80-85	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	53,9
	60	0,3	80-85...70-75	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	62,6
		0,3-0,4	80-85...70-75	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	58,2
		0,3-0,5	80-85...70-75	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	55,7
		0,3	80-85	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	63,1
	70	0,3	80-85...70-75	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	64,1
		0,3-0,4	80-85...70-75	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	61,8
		0,3-0,5	80-85...70-75	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	59,2
		0,3	80-85	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	67,5
2005	50	0,3	80-85...70-75	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	54,9
		0,3-0,4	80-85...70-75	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	53,9
		0,3-0,5	80-85...70-75	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	52,8
		0,3	80-85	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	55,7
	60	0,3	80-85...70-75	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	64,7
		0,3-0,4	80-85...70-75	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	61,6
		0,3-0,5	80-85...70-75	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	58,6
		0,3	80-85	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	67,3
	70	0,3	80-85...70-75	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	65,7
		0,3-0,4	80-85...70-75	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	63,8
		0,3-0,5	80-85...70-75	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	60,7
		0,3	80-85	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	68,8
2006	50	0,3	80-85...70-75	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	57,9
		0,3-0,4	80-85...70-75	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	55,1
		0,3-0,5	80-85...70-75	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	54,4
		0,3	80-85	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>15</sub>	58,8
	60	0,3	80-85...70-75	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	62,7
		0,3-0,4	80-85...70-75	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	56,2
		0,3-0,5	80-85...70-75	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	52,2
		0,3	80-85	N <sub>115</sub> P <sub>85</sub> K <sub>65</sub>	63,7
	70	0,3	80-85...70-75	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	64
		0,3-0,4	80-85...70-75	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	62,1
		0,3-0,5	80-85...70-75	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	60
		0,3	80-85	N <sub>165</sub> P <sub>115</sub> K <sub>115</sub>	65,3

протяжении периода 2004-2006 гг. урожайность репчатого лука при равных факторах А и В для данных лет практически не изменяется. С увеличением глубины увлажнения урожайность падает. Высокие урожаи были получены при глубине увлажнения 0,3 м и водном режиме 80-85% НВ в период от посева семян до формирования луковицы и 70-75% НВ в период от формирования луковицы до технической спелости.

УДК 631.8:361.811.91:632.122.1:581.526.52

## **ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО И МИНЕРАЛЬНОГО РЕЖИМОВ ПОЧВЫ НА НАКОПЛЕНИЕ ПРОТЕИНА И УГЛЕВОДОВ В СУХОЙ НАДЗЕМНОЙ МАССЕ ГАЛОФИТОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ФОНАХ ЗАСОЛЕНИЯ**

**В.Г. Головатый, Н.З. Шамсутдинов, Н.Ю. Горячева**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия;

**Х.К. Худякова**

ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, Лобня, Россия

В связи с актуальностью проблемы введения в культуру дикорастущих кормовых растений в качестве основных компонентов пастбищных агрофитоценозов в аридных регионах России и Центральной Азии (1, 2), возникает задача выявления диапазона устойчивости интродуцентов к эдафическим факторам, поскольку именно они определяют тип, видовой состав и структуру растительного покрова территории.

Для большинства растений аридной флоры, включая галофиты, засоленность почв является одним из наиболее стрессовых факторов. Для создания на засоленных землях полноценных и высокоурожайных агрофитоценозов на базе галофитов необходимо знать, помимо реакции растений на засоление, роль других факторов внешней среды в формировании продуктивности растений, включая влажность почвы, дозы удобрений, освещенность, температуру и др. В наших предыдущих исследованиях (3) установлено, что сведа высокая, являясь травянистым растением галофитной природы, способна выдерживать высокие концентрации хлоридных солей в субстрате, составляющие 1,55% в пересчете на песок и 6,93% NaCl в пересчете на воду. Кроме того, было показано, что отрицательное воздействие засоления на рост и развитие галофитов можно частично компенсировать путем подбора определенных режимов увлажнения и минерального питания.

Гораздо меньше в научной литературе уделено внимания вопросам изучения качественного состава травянистых галофитов и оценке влияния на него факторов внешней среды, в том числе на содержание белков и свободных углеводов в тканях растений.

Между тем известно, что содержание протеина и свободных углеводов в наземной массе кормовых культур в значительной степени определяет их кормовую ценность (4). Если белки являются источником аминокислот для построения клеточных тканей животных, то сахара служат энергетическим материалом (5, 6, 7).

Свободные углеводы, являясь первичными продуктами фотосинтеза, накапливаются в травах при таких условиях внешней среды, когда интенсивность фотосинтеза опережает скорость использования ассимилятов на рост и дыхание (8, 9, 10, 11, 12). В свою очередь, интенсивность роста и дыхания зависят от содержания сахаров в тканях растений (13).

Значительное влияние на метаболизм растительной клетки оказывает засоление почвы. При солевом стрессе в растениях накапливаются различные аминокислоты, что, по мнению некоторых исследователей, способствует адаптации растений к неблагоприятным факторам среды (14). Засоление повышает в галофитных растениях содержание гидрофильных белков (альбуминов), что, вероятно, может способствовать устойчивости биокolloидов клетки против токсического действия солей (15, 16). Вместе с тем, качественный состав растений имеет важное значение для усвояемости корма животными. Так, чрезмерное обеднение корма легкоусвояемыми углеводами при повышении содержания белка может снизить его усвоение и привести к нежелательным изменениям обмена веществ животных (17, 18). Таким образом, изучение влияния внешних факторов на качественные показатели растений является весьма актуальным.

### **Задачи и цели исследований**

Из вышеприведенной краткого литературного обзора следует, что изучение влияния ряда факторов внешней среды на качественный состав сухого вещества корма имеет большое практическое значение для животноводства. Учитывая это, при проведении исследований нами были поставлены следующие задачи:

- разработать эколого-математические модели, отражающие взаимосвязь накопление в биомассе белка (протеина), сахаров у растений галофитной природы на примере сведы высокой (*Suaeda altissima* (L.) Pall.) с факторами среды – влажностью субстрата, уровнем удобрений и засоления;

- установить характер изменения качественного химического состава изучаемых растений в зависимости от величины урожайности растений.

### **Материалы и методы**

Для решения поставленных задач были заложены вегетационные опыты, методика проведения которых была изложена нами ранее (3). В качестве модельного объекта исследований была выбрана сведа высокая.

В сухом материале определялся общий азот, для чего в растениях навеску материала сжигали методом мокрого озоления по Кьельдалю (20, 21), с после-

дующим колориметрированием на анализаторе фирмы “Техникон”. Сырой белок (протеин) находили путем умножения общего азота на коэффициент 6.25 (21). Для определения сахаров навеску растительного материала трижды экстрагировали 80%-ным этиловым спиртом. В аликвотной части раствора определяли сахара с антроном (23), применяя в качестве стандартного раствора глюкозу или сахарозу. Интенсивность окрашивания сахаров измеряли на фотоколориметре “Спекол”. В почвенных образцах в вегетационных исследованиях определяли (24, 25) полную влагоемкость (ПВ %), расчеты которой проводились с использованием методик, приведенных в (26, 27).

За основу эксперимента был взят ротатабельный план Бокса-Уилсона (табл. 1) в интерпретации А.С. Рейзлина (28, 29). Уровни исследуемых факторов и кодировка приведены в таблице 2. Расчет уравнений второго порядка проводили по (30), а исследование поверхности отклика – методом "ридж-анализа" (42).

Таблица 1 - Схема и результаты эксперимента

Варианты опыта	Исследуемые факторы (о.е.)			Углеводы, %	Протеин, %
	Влажность песка	Дозы удобрений	Засоление (NaCl)		
1.	-1	-1	-1	1,08	12,81
2.	1	-1	-1	3,21	10,25
3.	-1	1	-1	0,91	19,19
4.	1	1	-1	1,72	17,06
5.	-1	-1	1	0,98	17,88
6.	1	-1	1	2,55	14,44
7.	-1	1	1	1,87	19,44
8.	1	1	1	2,99	20,75
9.	-1,73	0	0	0,92	17,75
10.	1,73	0	0	2,12	11,75
11.	0	-1,73	0	5,25	8,13
12.	0	1,73	0	0,75	23,00
13.	0	0	-1,73	2,02	15,69
14.	0	0	1,73	0,65	20,19
15.	0	0	0	1,65	16,31
НСР <sub>05</sub>				0,06	0,55

### Результаты исследований и их обсуждение

Данные о содержании свободных углеводов в сухой биомассе растений, выращенных при различных уровнях изучаемых факторов, приведены в таблице 1. Следует отметить, что в сухом веществе надземной массы сведы высокой содержится очень низкое, по сравнению с другими кормовыми культурами (31), содержание сахаров (чуть больше 5%). Столь низкая концентрация этих соединений, по-видимому, является особенностью изучаемого растения.

Таблица 2 - Кодировка факторов

Факторы	Обозначение факторов	Уровни факторов					Шаг варьирования
		-1.73	-1.00	0	1.00	1.73	
Влажность песка, % НВ	X <sub>1</sub>	30	43	60	77	90	17
Удобрения мг /кг (X <sub>2</sub> )	N	30	70	125	180	220	55
	P	15	36	763	90	110	27
	K	20	47	83	121	147	37
	Сумма	65	153	271	291	477	120
NaCl, mM	X <sub>3</sub>	0	211	500	789	1000	289

На основании данных таблицы 1 нами была рассчитана регрессия, связывающая концентрацию сахаров в наземной массе галофитов с влажностью песка, уровнем удобрений и хлоридным засолением:

$$Y_1 = 1.65 + 0.55X_1 - 0.55X_2 - 0.06X_3 - 0.05X_1^2 + 0.44X_2^2 - 0.11X_3^2 - 0.22X_1 \cdot X_2 - 0.03X_1 \cdot X_3 + 0.37X_2 \cdot X_3 \quad (1)$$

где Y<sub>1</sub> – содержание углеводов в сухой наземной массе, %; X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> и X<sub>3</sub> – соответственно – влажность песка, уровень удобрений и засоления (NaCl) в относительных единицах. Коэффициент множественной корреляции равен 0.81.

Анализ поверхности отклика модели (1) представлен на рисунке 1. Установлено, что на содержание углеводов в биомассе оказывают влияние все изучаемые факторы. Так, концентрацию сахаров 0,5% (минимум) определяют следующие уровни изучаемых факторов: влажность песка – 33% НВ, уровень удобрений – 370 мг/кг песка, засоление – 327 mM NaCl/сосуд. Максимальное накопление свободных углеводов, составляющее 5,12% сухой наземной массы, определяют следующие условия: влажность субстрата – 72% НВ, уровень удобрений – 53 мг/кг песка и засоление – 364 mM NaCl/сосуд.

Для выявления влияния отдельных факторов на накопление галофитами свободных углеводов был проведен численный эксперимент, результаты которого (рис. 2) показали, что увеличение влажности песка способствует накоплению сахаров в надземных органах сведы высокой. Такая реакция галофитов на увлажнение субстрата, возможно, является особенностью этой культуры, поскольку в наших исследованиях, проведенных на еже сборной (31), увеличение влажности почвы снижало содержание в ее тканях свободных углеводов. Не исключено, что расхождение реакций растений на увеличение влажности почвы может быть связано (помимо видовых отличий) также с тем, что по мере повышения влажности субстрата в нем снижается концентрация хлористого натрия и, следовательно, его содержание в растении и, таким образом, уменьшается негативное влияние солей на протекающие в растении биохимические процессы. Это предположение подтверждают результаты численных экспериментов, представленные на рисунке 2, на котором прослеживается снижение содержа-



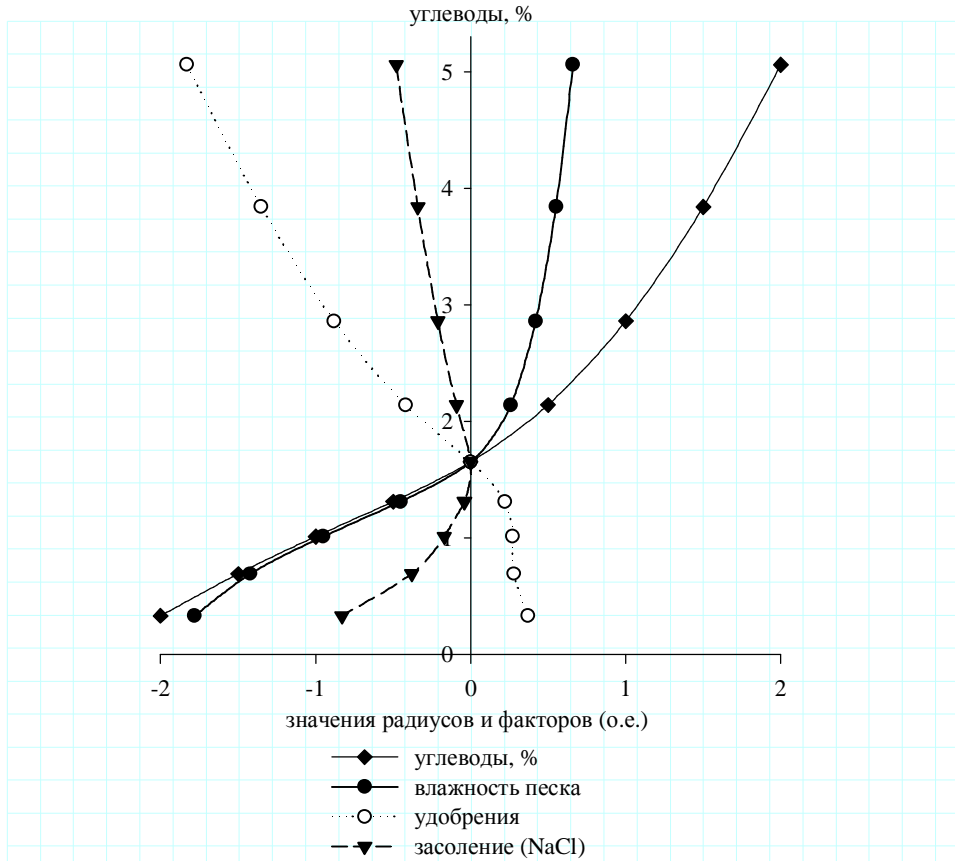


Рис. 1. Оптимизация исследуемых факторов накопления углеводов в сведе высокой

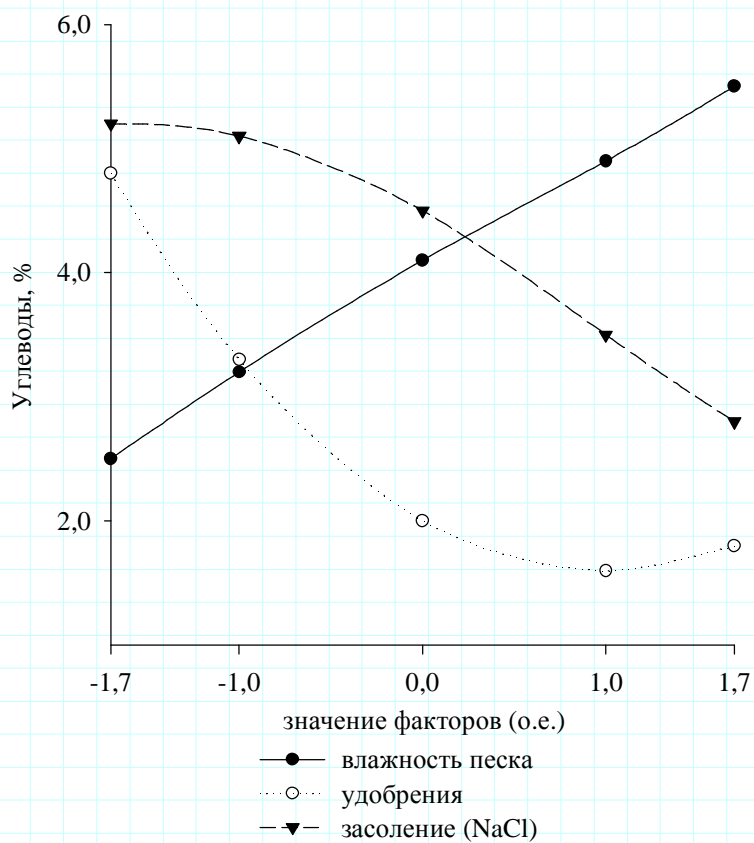


Рис. 2. Влияние отдельных факторов на содержание углеводов в сухой массе сведе высокой

ния сахаров в сухой наземной массе по мере увеличения концентрации хлоридов в песке. Удобрения также снижают уровень углеводов у галофитов, что может быть связано с расходом сахаров на усвоение азота (32, 33, 34).

По степени влияния на содержание сахаров в сухой массе изучаемые факторы можно ранжировать в следующем порядке:

- при низкой концентрации углеводов – удобрения > засоление > влажность песка;
- при высоком содержании сахаров – влажность песка > засоление > удобрения.

Содержание протеина в сухой массе галофитов в зависимости от изучаемых факторов приведены в таблице 1. Результаты опыта показывают, что сведа высокая может накапливать значительное количество белка. При этом наибольшее содержание протеина (23%) наблюдается при максимальной дозе удобрений (вариант 12), наименьшее (8,62%) – при минимальном уровне минерального питания (вариант 11).

Модель, описывающая зависимость содержания белка в сухой массе сведы высокой от уровня изучаемых факторов, имеет вид:

$$Y_2 = 16.31 - 1.23X_1 + 3.35X_2 + 1.50X_3 - 0.45X_1^2 - 0.17X_2^2 + 0.62X_3^2 + 0.65X_1 \cdot X_2 + 0.32X_1 \cdot X_3 - 0.67X_2 \cdot X_3 \quad (2)$$

где  $Y_2$  – содержание протеина, %;  $X_1, X_2$  и  $X_3$  – влажность песка, уровень удобрений и засоления в относительных единицах. Коэффициент множественной корреляции составляет 0,97, детерминации – 0,94.

Результаты исследования поверхности отклика модели (2) с помощью "ридж-анализа" приведены на рис. 3. Представленный график показывает, что для минимального содержания белка, составляющего 7,7%, необходимы следующие условия: влажность песка – 75% НВ, уровень удобрений – 105 мг/кг песка, засоление – 332 mM NaCl на сосуд. Для максимального накопления протеина в сухой массе, составляющего ~23%, требуются следующие уровни факторов: влажность субстрата – 60% НВ, уровень удобрений – 402 мг/кг песка и засоление – 983 mM NaCl на сосуд.

Влияние отдельных изучаемых факторов на накопление протеина сведой высокой представлено на рис. 4. Результаты численного эксперимента показали, что увеличение уровней удобрений и засоления повышают содержание протеина в сухой наземной массе галофитов. При этом изменение уровня минерального питания от минимального до максимального (в пределах опыта) приводило к увеличению накопления белка на 43%; аналогичное повышение засоления – только на 18% (при оптимальных значениях остальных факторов).

Повышение в субстрате азот содержащих удобрений, по-видимому, увеличивало синтез аминокислот, как в корневой системе, так и в наземных органах растений, что могло способствовать усилению синтеза белка (6, 7). Повышение

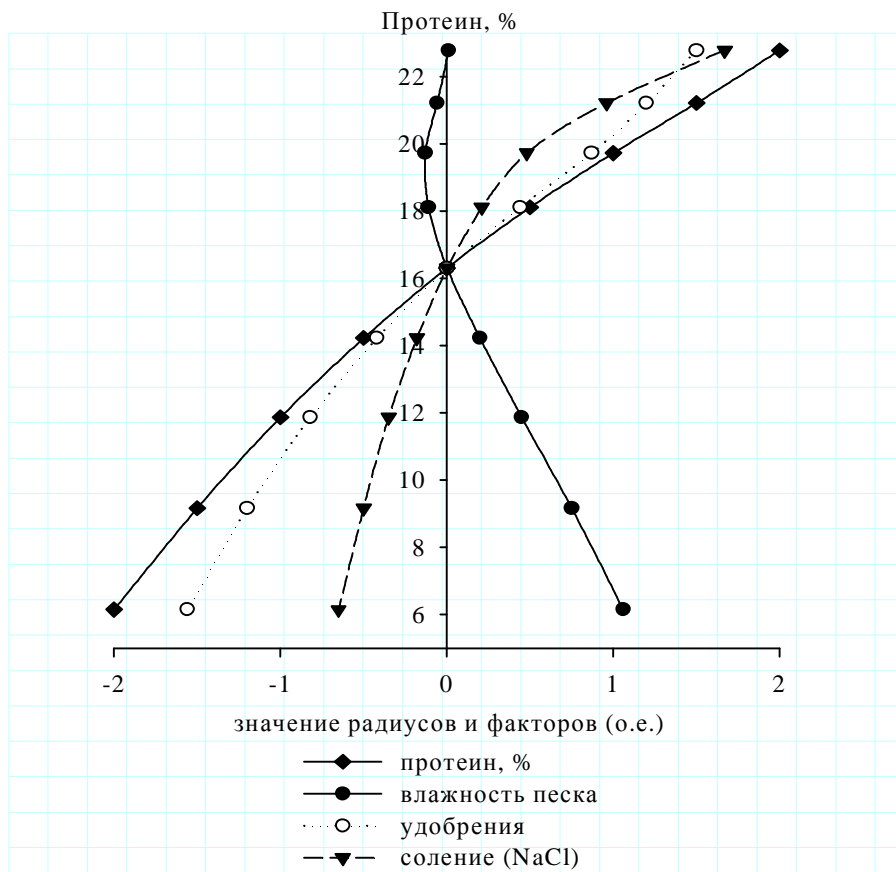


Рис. 3. Оптимизация исследуемых факторов накопления протеина в надземной массе сведы высокой

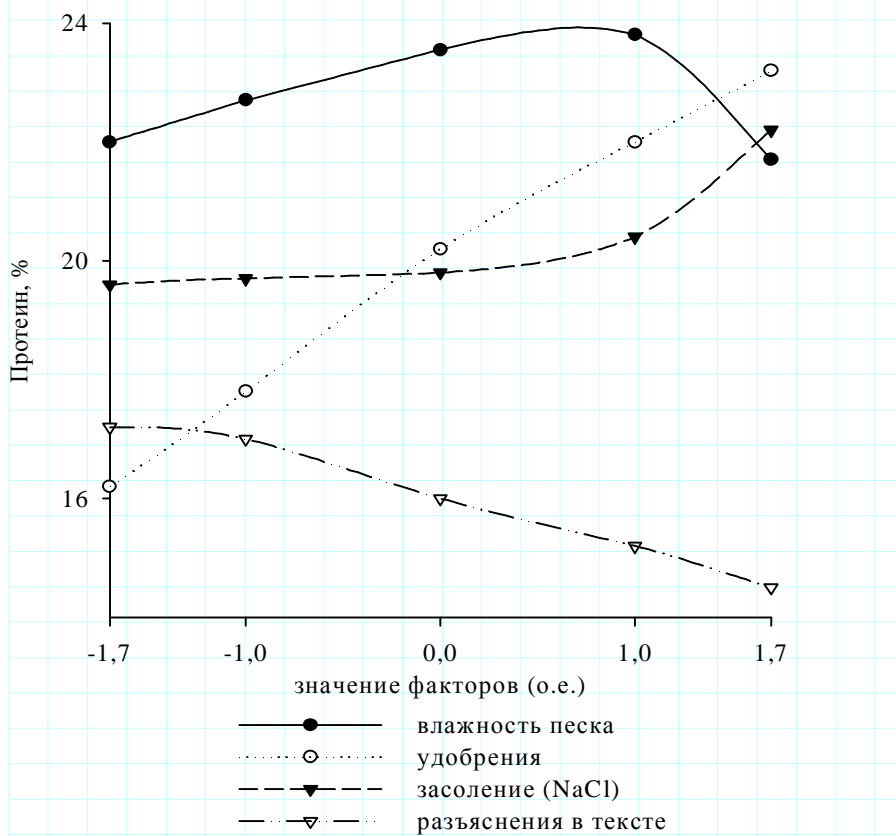


Рис. 4. Влияние отдельных факторов на содержание протеина в сухой массе сведы высокой

содержания протеина в сухой массе галофитов при увеличении уровня хлоридного засоления, возможно, связано с защитной реакцией растений на солевой стресс.

Высокая влажность песка снижает содержание белка в наземной массе. При этом степень влияния увлажнения на накопление белка тем выше, чем дальше от своих оптимальных значений находятся остальные факторы. Так, при повышении влажности субстрата на фоне оптимальных уровней остальных факторов происходит снижение протеина на 6%, тогда как при средних значениях двух других факторов (удобрения и засоление) – на 34% (рис. 4, кривая 4). Снижение содержания белка в сухой массе галофитов при увеличении влажности песка, по нашему мнению, связано с тем, что нарастание сухой массы (состоящей в основном из клетчатки) происходит быстрее, чем накопление белка, т.е. происходит так называемый эффект "разбавления".

Для изучения взаимосвязи качественного состава растений с накоплением сухой массы был проведен численный эксперимент по следующей схеме: оптимальные значения факторов, полученные из анализа модели для сухой наземной массы сvedы высокой (рис. 1) подставлялись в модели (2 и 3) и определялось содержание углеводов и протеина. Результаты этих расчетов приведены на рисунке 5. График показывает, что по мере роста продуктивности галофитов увеличивается содержание сахаров в сухой массе, а накопление белка снижается. С некоторым приближением можно констатировать, что при повышении урожайности сухой массы на 10 г/сосуд содержание углеводов увеличивается на 0,3% при одновременном снижении протеина на 3,4%.

## **Выводы**

1. Сухая масса сvedы высокой содержит невысокий уровень свободных углеводов, максимальное количество которых составило 5,25%, в то время как содержание протеина может достигать у галофитов 23%, т.е. для создания полноценного и сбалансированного по основным элементам корма на базе наземной массы сvedы высокой необходимо смешивать её с кормами, содержащими большое количество сахаров.

2. Изучаемые факторы оказывали разнонаправленное действие на качественный состав сухой массы и продуктивность сvedы высокой. Удобрения и засоление способствовали накоплению белка в растениях, но снижали содержание сахаров в тканях. Высокое содержание влаги в песке приводило к увеличению накопления свободных углеводов, но снижало содержание протеина в наземных органах растений.

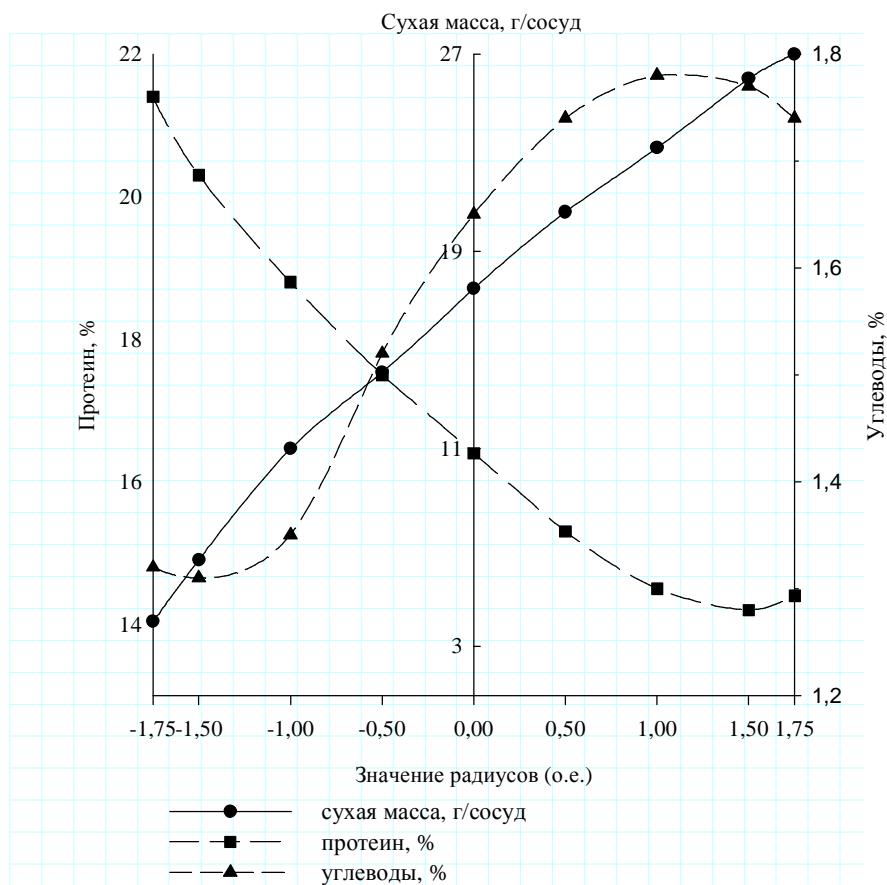


Рис. 5. Изменение содержания протеина и углеводов в зависимости от урожайности сухой массы сведы высокой

3. Повышение продуктивности сухой массы сведы высокой на 10 г/сосуд сопровождалось увеличением сахаров на 0,3% и снижением белков на 3,4%.

### Литература

1. Шамсутдинов З.Ш. Биологическая мелиорация агроландшафтов/ /Повышение продуктивности и охрана аридных ландшафтов. М.: МГУ.1999. С.105 – 108.
2. Шамсутдинов З.Ш., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. Галофиты России, их экологическая оценка и использование. М.: Эдель-М, 2000. С. 399
3. Головатый В.Г., Шамсутдинов Н.З., Худякова Х.К., Балнокин Ю.В., Горячева Н.Ю. Влияние доз минеральных удобрений, водобеспеченности и засоления на продуктивность галофита сведы высокая // Агрехимия, 2005, № 6, с.59-65.
4. Зафрен С.Я. Технология приготовления кормов. М.: Колос. 1977. – 155 с.
5. Поваляев А.П. Значение соотношения сахаров и протеина в рационах коров// Вестник сельскохозяйственных наук науки. 1959. №4. С. 65 - 73.
6. Синещев А.Д. Биологические основы повышения использования кормов// Животноводство.1965. №7. С. 14 - 21.
7. Jones D.I.H. The chemistry of grass for animal production// Outlook on Agriculture. 1972. N1. P. 32 – 38.
8. Бассем Д.А. Регуляция путей метаболизма в фотосинтезе // Основы фотосинтетической продуктивности. М.: Наука. 1972. С. 117 – 131.

9. Мокроносов А.Г. Общие пути углеродного питания растений // Биохимия и биофизика растений. М.: Наука. 1965. С. 290 – 304.
10. Ничипорович А.А. Неуглеводные продукты фотосинтеза // Труды V Международного конгресса. М.: АНССР. 1962. С. 360 – 370.
11. Barnett N.M., Naylor A.W. Amino acid and protein metabolism in bermuda grass during water stress // Plant Physiol. 1966, 41. N 7. P. 1222 – 1230.
12. Colby W.Y., Mack Dreke, Hisatomo Ochara, Horihiro Voshida. Carbohydrate reserves in orchard grass// Proceed. X Intern. Grassland Congress. 1966. P. 151 – 155.
13. Thornley I.H.M. A model to describe the partitioning of photosynthate during vegetative plant growth// Annals of Botani, 1972. V. 36. N145. P.419 – 430.
14. Назаренко Л.В. Содержание свободных аминокислот в клетках эвглены // IV Всесоюзная конференция молодых ученых по физиологии растительной клетки. М.: 1990. С. 6-8.
15. Строгонов Б.П. Солеустойчивость растений // Физиология сельскохозяйственных растений. М.: МГУ. 1967. Т.3. С.270 - 323.
16. Шахов А.А. Солеустойчивость растений. М.: Изд-во АНСССР. 1956. - 324 с.
17. Палфилий Ф.Ю. Обеспечение животноводства кормовым протеином // Вестник сельскохозяйственной науки. 1978. №1. С. 24 – 31.
18. Салун Ф.С. Рациональное использование травостоя высокопродуктивных культурных пастбищ// Материалы XII Международного конгресса по луговодству. М.: 1977. Т.2. С 45-19. Головатый В.Г., Вершинина К.Т., Ющенко В.П. Эффективность усвоения нитратов и мочевины на поздних фазах развития пшеницы // Труды Целиноградского СХИ. 1972. Т.7. В.2. С. 58-63.
20. Васильев А.И. Поглощение и использование азота, фосфора и калия в зависимости от густоты растений и уровня минерального питания // Агрехимия. 1979. № 8. С. 46 – 50.
21. Волобуев А.П., Картамишев Н.И. Разработка автоматизированной системы научных исследований в земледелии // Доклады Россельхозакадемии. 1998, №6. С. 47-50.
22. Справочник по кормопроизводству / Под редакцией Б.М. Михайличенко. М.: ВНИИК. 1994. – 195 с.
23. Основные принципы планирования полевого и компьютерного эксперимента (методические указания) / Под редакцией Р.А.Полуэктова. Санкт – Петербург. 1996. 19 с.
24. Водяник А.С. Влияние режима минерального питания на некоторые показатели обмена веществ в период выращивания рассады помидоров в гравийных парниках // Результаты исследования почв, питания растений и применения удобрений в условиях Северного Казахстана / Труды ЦСХИ, 1972. Т.7, в. 2. С. 151 – 159.
25. Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М. Краткий справочник по физиологии растений. Киев: Наукова думка. 1973. – 577 с.
26. Жубицкий З.И. Теория и практика вегетационного опыта. М.: Наука. 1968. – 245 с.
27. Чернавина И.А., Потапов Н.Г., Косулина Л.Г., Кренделёва Т.Е. Большой практикум по физиологии растений. М.: Высшая школа. 1978. – 408 с.
28. Голикова Т.И., Панченко Л.А., Фридман М.Э. и др. Каталог планов второго порядка. М.: МГУ. 1974. Т.1. в. 47. –348 с.
29. Рейзлин А.С. Об исследовании действия реагентов при экстремальном флотационном эксперименте // Известия высших учебных заведений. 1972. №7. С. 163 – 166.
30. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Наука. 1965. – 358 с.
31. Калимулина Х.К., Головатый А.Г., Головатый В.Г. Изменение в содержании сахаров и аминокислот в еже сборной в зависимости от температуры воздуха, влажности почвы и

уровня удобрений // Физиология и биохимия культурных растений. 1976. Т.8. В. 2.. С. 209 – 214.

32. Головатый В.Г., Кудрявцев В.А. Содержание свободных аминокислот в корнях яровой пшеницы в зависимости от источников азота при разных сроках сева // Тезисы докладов 8-й научной конференции ЦСХИ. Целиноград: ЦСХИ. 1967. С. 10-11.

33. Петин Н.С., Иванов В.П., Головатый В.Г., Кирилина В.И., Калимулина Х.К. Динамика накопления сухого вещества и пластических соединений в растениях ячменя в зависимости от влажности почвы и уровня минерального питания // Физиология растений, 1977. Т.24. В.3. С. 593 – 600.

34. Худякова Х.К., Головатый В.Г. Влияние водного режима и условий азотного питания на содержание углеводов и азотистых веществ в райграсе вестервольдском // Агрехимия. 1980. № 5. С.12-16.

УДК 630.116

## **МЕЛИОРАЦИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

**В.Л. Головин**

ФГУП ДальНИИГиМ, Владивосток, Россия

Деградация мелиорированных или богарных пахотных земель, связанная со снижением или потерей биологической продуктивности, чаще всего обусловлена воздействием ветровой или водной эрозии. Подобные негативные процессы могут быть связаны и с хозяйственной деятельностью, в частности, при добыче полезных ископаемых. Неблагоприятный режим ливневых осадков, характерный для теплого периода года на Дальнем Востоке России, предопределяет не только повышение опасности водной эрозии, но и переувлажнение почв и интенсивный вынос питательных веществ из относительно маломощного плодородного слоя. Одной из основных задач мелиорации, как известно, является разработка и применение различных мероприятий, снижающих или предотвращающих возникновение процессов деградации земель.

Наибольшее развитие получило мелиорирование земель, подверженных водной и ветровой эрозии. В то же время к актуальным проблемам следует отнести и восстановление плодородия на территориях, непосредственно связанных с хозяйственной деятельностью. Например, при организации прибрежной нефтедобычи на о. Сахалине в результате бурения и обустройства нефтяных скважин, выполнения грунтовой отсыпки вокруг этих скважин для обширных территорий (до 100 – 150 тыс. га) в соответствии экологическими требованиями необходима рекультивация земель и практически полное восстановление растительного покрова с целью предотвращения эрозионных процессов. В Приморье проблема восстановления земель связана с открытой добычей угля.

Зачастую при рекультивации земель, подвергающихся глубокой деградации с потерей гумусового горизонта, приходится идти на практически полное восстановление плодородного слоя, что обуславливает большие затраты на достав-

ку больших объемов почвы и разравнивания ее по заранее распланированной поверхности. Таким образом, например, решалась задача восстановления земель под сельскохозяйственные угодья на Приднепровском бурогольном бассейне. Здесь предварительно проводилась планировка поверхности отвалов с последующим нанесением почвенного слоя мощностью 0,5 – 1,1 м. При рекультивации нарушенных земель на территории Рейнского бурогольного бассейна проводилась доставка и распределение по площади лессовидных суглинков с помощью отвалообразователей и частично за счет транспортирования этих грунтов по трубопроводам. После чего проводился высев люцерны, через три года при образовании перегноя и азота проводилась вспашка и внесение удобрений с высевом зерновых культур. Практическое применение таких затратных и продолжительных по времени реализации методов не всегда целесообразно. С целью упрощения рекультивации деградированных земель и сокращения сроков восстановления плодородия ФГУП ДальНИИГиМ разработал новый способ (Патент РФ № 2244393), обеспечивающий возможность регулирования содержания гумуса и создания плодородного слоя в короткие сроки за счет использования органосодержащих компонентов и активизации почвенных процессов микробиологическими препаратами.

Эта мелиоративная технология заключается в нанесении на предварительно спланированную поверхность создаваемой почвы слоя кольматанта, способствующего снижению пористости песчаных грунтов для предотвращения вымывания гумуса, в проведении гребневания и внесении органических удобрений в виде измельченных растительных или других форм путем распределения их в бороздах между гребнями, в заделке органики и с одновременным внесением биологически активного препарата, способствующего быстрому перегниванию органики, повторном внесении органики через 30-40 суток с одновременным орошением ее биологически активным препаратом и высеом семян культурных растений. Такой способ применим не только для рекультивации глубоко деградированных земель на территориях добычи полезных ископаемых, но для восстановления плодородия слабо гумусированных песчаных или других минеральных грунтов.

При реализации этого способа мелиорации после предварительной планировки на поверхность наносится слой кольматанта общим объемом не менее 20% объема пор формируемого плодородного слоя (до 100-120 т/га). В качестве кольматанта используется органосодержащий материал, например, торф или минеральный грунт (суглинок, глина). Использование в качестве кольматанта торфа предпочтительнее, поскольку этот материал способен к набуханию при смачивании и при выпадении осадков наличие частиц торфа в порах песчаного грунта более эффективно предотвращает вынос формируемой органики. При этом для относительно равномерного распределения кольматанта по поверхности создаваемого почвенного слоя используют специализированную сельскохо-



зяйственную технику, например, машину для внесения твердых органических удобрений ПРТ-10. Внесение кольматанта и постепенное, в ходе обработки, перемешивание его с песчаным слоем позволяет при общей пористости песчаного грунта до 17-30% достичь необходимой степени уменьшения проницаемости этого грунта и исключить вынос органического вещества.

Гребневание проводят с помощью гребнеобразующих механизмов, например, с помощью гребнеобразующей сеялки (а.с. СССР № 946430), сеялки гребневой универсальной СТВ – 4 конструкции ФГУП ДальНИИГиМ, выпускаемой ОАО «Аскольд» (г. Арсеньев, Приморский край) или сеялки СГН – 3,6 (модифицированный вариант), которые позволяют образовывать гребни высотой до 0,35 м и с расстоянием между осями 0,7 – 0,9 м. В песчаном грунте гребни не обладают долговременной устойчивостью и в связи с этим органосодержащие компоненты в виде предварительно измельченных растительных и (или) других форм вносят сразу после формирования гребней. Измельчение сорной растительности может проводиться на месте ее заготовки с помощью измельчителя. С этой же целью могут использоваться отходы деревообрабатывающей промышленности (стружки, опилки), морские водоросли и отходы рыбопереработки, если они имеются в месте проведения работ по рекультивации земель. Органосодержащие компоненты вносят в количестве до 40% объема гребней путем распределения ее в ложбинах между гребнями, что обеспечивает накопление в образующемся почвенном слое достаточного количества гумуса (до 3-4%) в короткие сроки.

После внесения органосодержащих компонентов проводят развалку ранее сформированных гребней и формируют новые гребни с помощью гребнеобразующих механизмов, чем обеспечивается заделка органики. Формирование новых гребней проводят с одновременным внесением ферментирующего биологически активного препарата. При повышенной кислотности почвы перед развалкой ранее образованных гребней по гребневой поверхности поля разбрасывается известь или вносится одновременно с формированием вновь образуемых гребней через туковысевающие аппараты гребневых сеялок.

Ферментирующий микробиологический препарат предварительно готовится, например, с применением эффективных микроорганизмов “Восток-ЭМ1”. Указанный препарат в пропорции 1:500 – 1:1000 разводится водой или органосодержащей жидкостью (навозными стоками), помещается в рабочую емкость навесного опрыскивателя и вносится непосредственно в зону, в которой во вновь образующихся гребнях сконцентрированы органосодержащие компоненты, до момента завалки этой зоны слоем песчаного грунта. С этой целью торцы трубопроводов подачи ферментирующего микробиологического препарата из рабочей емкости навесного опрыскивателя выводят перед высевающими аппаратами сеялки. Внесение ферментирующего микробиологического препарата способствует быстрому, менее чем за 20-40 суток, перегниванию органосо-

державших компонентов и накоплению гумуса в перерабатываемом слое песчаного грунта.

Через 20-40 суток в ложбины между гребнями вновь вносят органосодержащие компоненты и проводят переформирование гребней с одновременным орошением измельченной органики биологически активным препаратом и высевом семян культурных растений. Наиболее целесообразно высевать овес, что позволяет получить достаточно большой объем зеленой массы и при очередном переформировании гребней уже без дополнительного внесения органики существенно повысить содержание гумуса в искусственно образованном почвенном слое до 7%. В дальнейшем для предотвращения ветровой и водной эрозии целесообразно высевать такие кормовые культуры как клевер, имеющий развитую корневую систему, или бахчевые культуры. При использовании земель в рекреационных целях целесообразно закреплять почву посадками кустарниковой и древесной растительности.

Для песчаных грунтов в условиях активного промышленного освоения территории характерно практически полное отсутствие гумуса, что существенно затрудняет рекультивацию и восстановление растительности использованием известных технологий. Предложенный способ рекультивации песчаных грунтов позволяет существенно увеличить содержание гумуса в искусственно образуемом плодородном слое и подготовить почву к активному сельскохозяйственному или рекреационному использованию в кратчайшие сроки – за 3-4 месяца.

УДК 631.6:626.8

## **УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ КОМПЛЕКСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ: ОДНОМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ В ПОЧВАХ И ГРУНТАХ.**

**Ю.Я. Гольцов**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Водный режим, определяя течение основных процессов, протекающих в почвах, является главным управляющим фактором продуктивности земель сельскохозяйственного назначения. При моделировании водного режима почвогрунтов различной степени насыщенности к настоящему времени не предложено более адекватной и простой модели изотермического движения воды, чем *одномерное* уравнение [1-6], :

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( K(W) \frac{\partial H}{\partial z} \right) + Q(z, t) \quad (1)$$

в основе которого лежит уравнение Ричардса [7]. Здесь:  $W(\psi)$  - влажность грунта, дол.ед;  $H = \psi - z$  - гидравлический напор, м;  $\psi(z)$  - потенциал давления

влаги,  $m$ ;  $K(W)$  - коэффициент влагопроводности,  $m/сут$ ;  $Q(z,t)$  - функция источников-стоков,  $l/сут$ ;  $z$  - вертикальная координата с положительным направлением вниз,  $m$ ;  $t$  - время,  $сут$ . Далее по тексту уравнение (1) будем называть уравнением Ричардса.

Математические модели постоянно совершенствуются. Это обусловлено существующим на данный момент нашим представлением и пониманием происходящих процессов в почвах и грунтах и необходимостью поиска компромисса между практичностью модели, имеющимися средствами вычислительной техники, методами, специалистами, информацией и решаемыми задачами. При этом степень точности, получаемая при расчетах распределения воды в почве, зависит в основном от таких факторов:

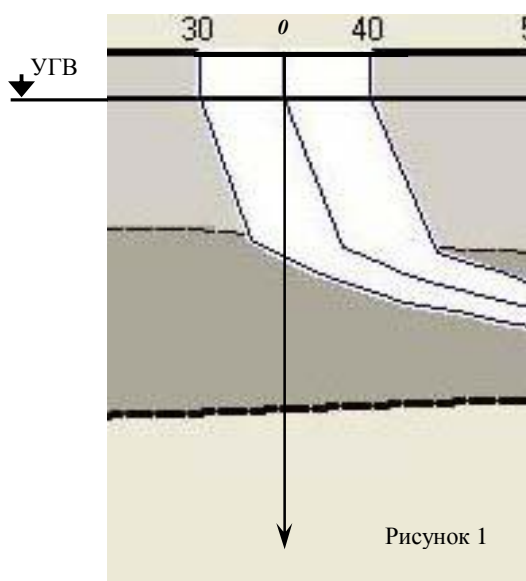
- правильность выбора математической модели для адекватного описания рассматриваемой физической системы, включая *правильность определения граничных условий*;

- точность и устойчивость численных методов;

- точность определения параметров почвы и растений, используемых в расчетах, включая учет их пространственной изменчивости.

Информация по параметрам почвы и растений обязана быть качественной. Трудность ее получения в такой сложной системе, как «почва-вода-атмосфера-растение», определяет целесообразность использования упрощенных моделей, требующих меньше исходной информации. К таким моделям относится и одномерное уравнение Ричардса (1), что, в большей степени, и определяет к нему интерес. Использование современной вычислительной техники и существующие численные методы, снимая вопрос по их точности и устойчивости, позволяют решать многие задачи, привлекая модели любой математической сложности.

При близком залегании грунтовых вод, как правило, для одномерного уравнения Ричардса (1), в нижнее граничное условие, принимаемое в верхней



части зоны полного насыщения, «вкладывается» *характер древомерного движения грунтовых вод*, что делает моделирование процесса движения воды в зоне аэрации адекватным принятым упрощениям и по нижнему граничному условию (рис. 1).

В работе [1] для уравнения (1) на нижней границе, расположенной под переменной поверхностью грунтовых вод, задается поток, отражающий действие дренажа постоянной глубины заложения. В [2] предложения по «нижнему» граничному условию основаны на решении уравнения Буссинеска и ограничиваются

рассмотрением одно- или двухслойным строем грунта. В проекте *SWAP* [3,4] процесс движения воды в почвогрунтах описывается уравнением (1), для которого нижней границей выбирается верхняя часть зоны полного насыщения, где происходит, как отмечено выше, переход к трехмерному потоку грунтовых вод, и граничное условие для (1) принимается аналогично [1]. В [4], замечено, что *«задание потока в основании профиля (колонки) привлекательно, и установленные потоки в нём могут увеличить точность моделируемых профилей влажности и выщелачивания раствора. К сожалению, все усилия развить надежные и практические рекомендации, ...не удачны до сих пор»*. Во всех работах линии раздела слоев грунта, как и нижняя граница зоны полного насыщения, принимаются горизонтальными (схематизация в вертикальной плоскости), что позволяет привлекать упрощенный подход и в расчетах транспортировки раствора.

1. На основании многочисленных исследований процесса движения грунтовых вод, натуральных, лабораторных, а также методами ЭГДА (электродинамической аналогии) и математического моделирования, разработана теория [5,6,8], согласно которой движение грунтовых вод можно представить по линиям тока, дающим мгновенную картину течения. Линии тока не пересекаются, их принято считать исходящими от источника и сходящими к стоку. В трехмерном пространстве линиями тока можно выделить трубки тока движения грунтовых вод. Во многих случаях движение грунтовых вод можно упростить до плоско-параллельного (в вертикальной плоскости), то есть считать его двумерным, которое может быть представлено гидродинамической сеткой, с выделением лент тока. В условиях неустановившегося режима изменение градиентов напора в зоне полного насыщения, вызванного потоками из зоны неполного насыщения, определяет (при неполном насыщении движение принято вертикальным) переориентацию линий тока, вплоть до смены стока (дрены) или выхода их на границу области, т.е. деформацию гидродинамической сетки. Если добавить сюда влияние напорного нижележащего горизонта, поток которого будет характеризоваться и своей интенсивностью, то гидродинамическая сетка (структурность потока) существенно меняется. В [9] показана сложность движения грунтовых вод в зоне полного насыщения в условиях работы горизонтального дренажа различного уровня положения. В [10] рассмотрен метод расчета минерализации грунтовых вод и дренажного стока по лентам тока при работе систематического горизонтального дренажа без учета процессов, проходящих в зоне неполного насыщения.

2. Простота уравнения (1) и его преимущество, позволяющее совместно рассматривать процессы движения воды в насыщенной и ненасыщенной зонах почвы и грунта, делают его привлекательным при моделировании. Сохранение одномерности уравнения Ричардса при рассмотрении движения воды в разно-

образных природных условиях и построении максимально простых расчетных схем расширяет его применение.

Одномерное движение воды в почвогрунтах в направлении  $s(t)$ , как функции времени, [6] и составляющем угол  $\alpha$  с осью  $z$ , позволяет (1) записать в виде

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial s} \left( K(W) \frac{\partial H}{\partial s} \right) + Q(s, t), \quad (2)$$

где выражение для гидравлического напора принимает вид

$$H = -\psi - s(t) \cos(\alpha). \quad (3)$$

Используя, законы Дарси и сохранения вещества или же воспользовавшись [6], довольно легко получить одномерное уравнение

$$F(s) \frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial s} \left( F(s) K(W) \frac{\partial H}{\partial s} \right) + Q(s, t). \quad (4)$$

движения воды в полосе почвогрунта (вертикальной плоскости) *переменной* ширины  $F(s)$ , зоны неполного и полного насыщения. При рассмотрении ленты тока движения грунтовых вод функция  $s(t)$  представляет её срединную (осевую) линию. Ширина  $F(s)$  ленты тока равна длине линии равного напора между граничными линиями тока этой ленты проходящей через любую точку срединной линии  $s(t)$ . Известно, что линии тока перпендикулярны линиям равного напора (перпендикулярны касательные к этим линиям в точке их пересечения).

При рассмотрении пространственного (трехмерного) движения воды в почве и грунтах уравнение (4) сохраняет свой вид – представляет модель движения воды в почве и грунтах по трубке тока. Функция  $F(s)$  при этом есть площадь сечения трубки тока, которое перпендикулярно срединной (осевой) линии этой трубки тока.

3. Определим расчетную схему моделирования движения воды в зоне аэрации и грунтовых водах (в вертикальной плоскости) с привлечением одномерного модифицированного уравнения Ричардса (4), не нарушая общности, на фоне дренажа одного уровня положения. В зоне неполного насыщения выделим вертикальную колонку почвы постоянной ширины, переходящую в зоне полного насыщения в ленту тока движения грунтовых вод, т.е. определим расчетную схему - систему «колонка-лента». Ленты тока и их срединные линии в зоне полного насыщения определяются гидродинамической сеткой, которая является, как известно, приближением сложного реального движения грунтовых вод. Положение срединной линии тока ленты тока определяется значением равным половине расхода воды, проходящей по этой ленте. Гидродинамическая сетка движения грунтовых вод (зона полного насыщения) даёт возможность выбора любой ленты тока, её расположения и ширины (рис. 2, 3). Для иллюстрации предлагаемой расчетной схемы в рамках рассматриваемого примера, при неустановившемся режиме потребуем для линий тока и, как следствие, лент тока,

выполнения условия гомотопии [11], которое характеризуется непрерывной деформируемостью линий тока во времени при заземленности их положений начала и конца в рассматриваемый период расчета. В общем случае, в условиях неустановившегося режима, принимая непрерывность деформируемости линий тока с началом на переменном уровне грунтовых вод, оставляется возможность изменения положения её окончания, или в смене стока, или переходе её окончания на границу рассматриваемой области. Для модифицированного *одномерного* дифференциального уравнения Ричардса (4) сохраняется принимаемое для (1) «верхнее» граничное на поверхности почвы, а «нижнее» граничное условие переносится на контур стока (дрены). Граничное условие на контуре дрены можно задавать в виде напора или расхода, однако, задание напора, предпочтительнее, поскольку требует задания глубины заложения дрены  $Z_{др}$  и нависания грунтовых вод. Расчеты проводятся при выполнении условия  $H_{yze}(t) < Z_{др}$ , где  $H_{yze}(t)$  уровень грунтовых вод. Начало координат срединной линии (оси)  $s(t)$  системы «колонка-лента» расположено на поверхности почвы и положительное направление выбрано к стоку (дрене). В зоне неполного насыщения срединная линия  $s(t)$  совпадает с осью  $z$ , направленной вертикально вниз.

Предлагаемый метод расчета движения воды в почвогрунтах различной степени насыщенности, заключающийся в выборе расчетной схемы в виде системы «колонка-лента», получении одномерного модифицированного уравнения Ричардса и задании «нижнего» граничного условия для него на контуре дрены, увеличивает корректность моделирования, при достаточной его простоте, и повышает точность расчета.

4. Для расчета водного режима в системе «колонка-лента» с использованием (4), на поверхности почвы выбирается площадка шириной  $F_{surf}$ , под которой рассматривается вертикальная колонка почвы (зона неполного насыщения), где  $s(t)$  совпадает с осью  $z$ , и уравнение (4) переходит в классическое уравнение Ричардса (1). При расчетах в зоне неполного насыщения используются известные модели водоудерживающей способности грунта по А.И. Голованову и ненасыщенной гидравлической проводимости по С.Ф.Аверьянову.

Для уравнения (4) граничные условия на поверхности почвы определяются аналогично [1, 2, 3]. При осадках, испарении и поливе дождеванием задается условие потока

$$\hat{e}^{K(w)} \frac{\partial H}{\partial s} \Big|_{s=0} = Q_{surf}(t) \quad (5)$$

где  $Q_{surf}(t)$  величина потока (м/сут), «нижнее» граничное условие для уравнения (4) определяется заданием напора  $H_{dr}(t)$  на стоке (контуре дрены,  $D_{dr}$  - эффективный диаметр)

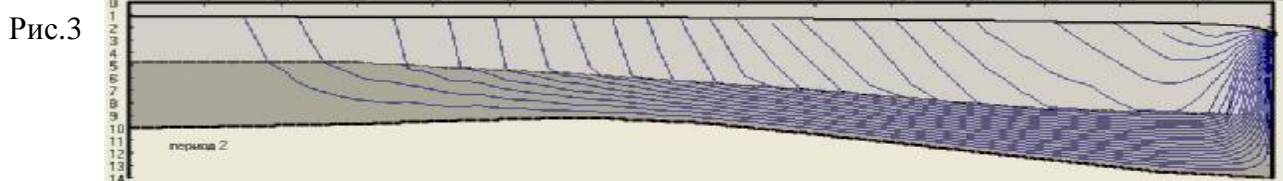
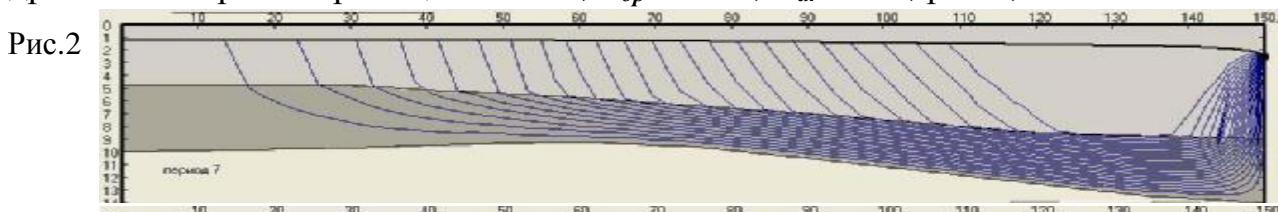
$$H(s,t) \Big|_{s=S-D_{dr}/2} = H_{dr}(t) \Big|_{z=Z_{др}-D_{dr}/2} \quad (6)$$

Расчеты по (4) при условиях (5-6) подтверждают условие постоянства расхода по ленте тока в зоне полного насыщения для каждого момента времени, т.е.

$$F(s)K(W) \frac{\left| \frac{H}{s} \right|_{s > H_{yTB}(t)}}{\left| s \right|} = const \quad (7)$$

5. Предлагаемый метод моделирования движения воды в почвогрунтах различной степени насыщенности с помощью модифицированного одномерного уравнения Ричардса предполагает обоснованное задание ленты тока, для чего требуется знание гидродинамической сетки (линий тока) движения грунтовых вод (двумерная задача в вертикальной плоскости). Используя известные соотношения Коши-Римана между потенциалом (гидравлическим напором) и функцией тока, нетрудно провести расчет гидродинамической сетки движения грунтовых вод в любой области, с учетом водно-физических свойств почв и грунта и произвольном расположении дренажных устройств или иных зон разгрузки. Нетрудно предложить схемы гидродинамических сеток при рассмотрении классических схем литологического строения грунта и расположения дренажа.

6. Пример расчета. Для иллюстрации предлагаемого метода расчета водного режима почвогрунта рассмотрим профиль в вертикальной плоскости протяженностью 150 м., характеризующейся двухслойным строением с криволинейной линией раздела грунтов различной проводимости и наличием горизонтального дренажа на правой границе области,  $Z_{др} = 2.5\text{м}$ ,  $D_{др} = 1\text{м}$ ., рис 2, 3.



Коэффициент фильтрации верхнего (покровного) слоя равен 0.38 м/сут, а нижнего, который, как и верхний слой, переменной мощности, равен 5 м/сут. Снизу двухслойный пласт подстилается криволинейной поверхностью водопора. Зона почвы неоднородна по водно-физическим свойствам. Величина и направление потока  $Q_{surf}(t)$  на поверхности почвы определяется осадками, поливной нормой (дождевание), суммарным испарением по периодам  $i$  продолжительностью  $\Delta t_i$  (табл. 1).

Гидродинамическая сетка представлена на рисунках 2 и 3 линиями тока движения грунтовых вод для периодов 2 (полив) и 7. На поверхности почвы выбирается площадка от отметки 30 м до отметки 40 м ( $F_{surf} = 10\text{ м}$ .), под кото-

рой выделяется вертикальная почвенная колонка постоянной ( $F_{surf}$ ) ширины (в зоне неполного насыщения движение принято вертикальным) до УГВ, определяя, таким образом, на ней ширину ( $F_{surf}$ ) ленты тока. По периодам расчета  $i$  под колонкой почвы от изменяемой по времени УГВ выделяются ленты тока, ширина которых  $F(s)$  есть функция  $s(t)$ . В рассматриваемом примере, ленты тока практически не деформируются во времени для всех периодов расчета (рис. 4, 5 и 6). Ленты тока, поднимаясь-опускаясь вместе с УГВ, уменьшают-увеличивают «колонку» зоны неполного насыщения, оставаясь к ней «привязанной» и вместе составляют систему «колонка-лента». Ленты тока, а, следовательно, и их срединные линии, в данном примере, считаются недеформируемыми.

Таблица 1

Номер периода $i$	Продолжительность $\Delta t_i$ (сут) периода $i$	Осадки, мм	Поливная норма, мм	Суммарное испарение, мм	Доля транспирации
1	30	1.4	0	58.4	0.4
2	1	0	60	0	0.4
3	30	72.8	0	64.3	0.4
4	11	7.7	0	28.8	0.4
5	1	0	60	0	0.4
6	10	27.5	0	35.8	0.4
7	20	17.6	0	51.8	0.4

Рис.4

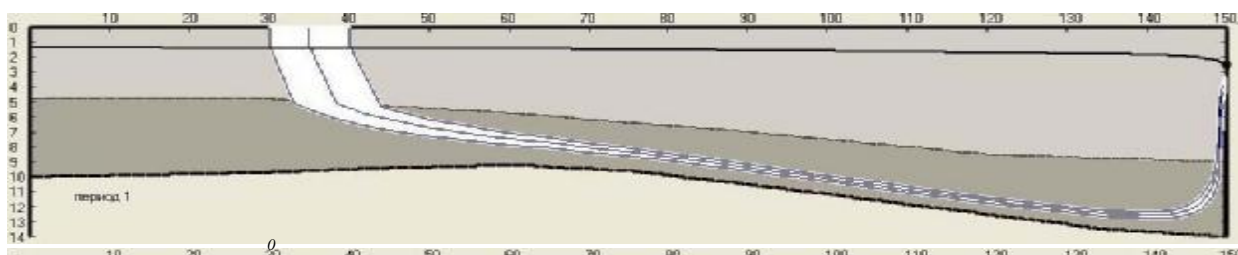


Рис.5

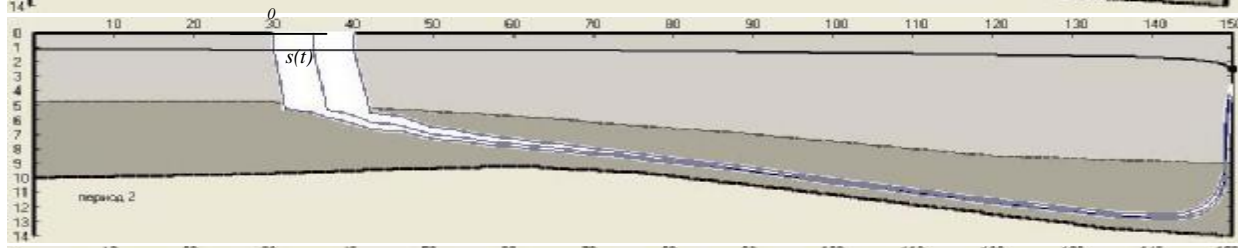
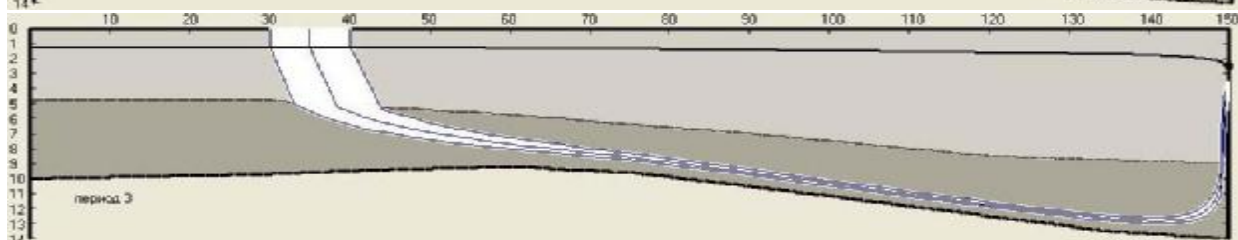


Рис.6





Расчетная длина срединной линии  $s(t)$ , от поверхности почвы (отметка 35 м) до контура дрены, равна 124.83 м (рис. 5).

Нижнее граничное условие для (4) задается на контуре дрены в виде (6).

На графике (рис. 7) представлены результаты расчета по зоне неполного насыщения (влажность почвы) численного решения уравнения (4), где цифры отмечают номер расчетного периода  $i$ . Линии 6 и 7 почти совпадают, но 6 «влажнее». Аналогично «совпадение» линий 3 и 4, где 3 «влажнее».

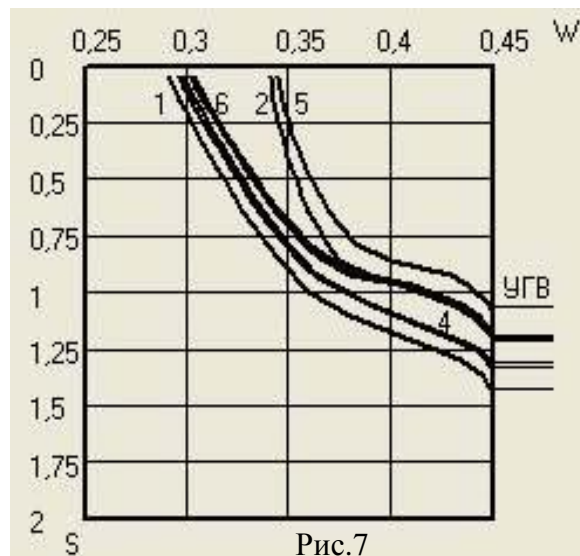


Рис.7

**7. Выводы.** Уравнение Ричардса (1) является наиболее простой и адекватной моделью движения воды в зонах полного и неполного насыщения почвогрунтов. Однако, в большинстве случаев, в частности и в проекте *SWAP*, использование уравнения (1) ограничивается зоной неполного насыщения. В упрощенное для (1) нижнее граничное условие, принимаемое в верхней части зоны полного насыщения, вкладывается характер трехмерного движения грунтовых вод, что делает процесс моделирования адекватным этим принятым упрощениям. Для моделирования процессов движения воды в почвах и грунтах (двухмерная задача в вертикальной плоскости) предлагается рассматривать расчетную схему, заключающуюся в выборе системы «колонка-лента» и использовании одномерного модифицированного уравнения Ричардса (4) с заданием «нижнего» граничного условия для него на контуре дрены или границе области. Такой подход возможен, поскольку движение воды в зоне полного насыщения, согласно теории грунтовых вод, несложно представить гидродинамической сеткой, позволяющей сделать обоснованный выбор ленты тока, её расположения и ширины, под рассматриваемой колонкой почвы во времени по периодам расчета. Полученное уравнение движения воды в системе «колонка-лента», «нижние» граничное условие, для которого задается на контуре дрены, сравнимо по своей простоте с одномерным уравнением Ричардса (1). Расход воды по ленте тока постоянен для каждого периода расчета, что подтверждается решением уравнения (4). При движении воды в полосе (колонке-ленте) постоянной ширины, полученное уравнение (4) переходит в уравнение (1), но с учетом (3).

### Литература

1. Голованов А.И. Прогноз водно-солевого режима и расчет дренажа на орошаемых землях. -Дисс.на соиск.уч.ст. д.т.н. -М.: МГМИ, 1975, 307 с.

2. Рекс Л.М., Якиревич А.М. Методика расчета тепловлажосолепереноса в насыщенных и ненасыщенных грунтах с помощью ЭВМ. Моделирование гидрогеохимических процессов и научные основы гидрогеохимических прогнозов. М., Наука, 1985, 152 с.
3. Kroes, J.C. van Dam (eds), 2003. *Reference Manual SWAP version 3.0.3*. Wageningen, Alterra, Green World Research. Alterra-report 773. Reference Manual SWAP version 3.0.3.doc.211 pp.39 figs.;6 tables;17 appendices.
4. Van Dam J.C. Field scale water flow and solute transport. SWAP model concepts, parameter estimation and case studies. PhD thesis, Wageningen Universiteit, 2000, p. 167
5. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. М.: Наука, 1977. 664 с.
6. Бэр Я., Заславски Д., Ирмей С. Физико-математические основы фильтрации воды. М.: Мир, 1971. 451 с.
7. Richards L.E. Capillary condition of liquids through porous medium.-Physics, 1931, v.1, N 5, 318-322.
8. Дренаж сельскохозяйственных земель. Под редакцией Дж.Н.Лютина, Перевод с английского. Изд-во «Колос», М., 1964, 719 с.
9. Гольцов Ю.Я. Закономерности формирования и прогноз минерализации грунтовых вод и дренажного стока с учетом рельефа местности. Совершенствование управления гидромелиоративными системами. «Тр. ин-та «Средазгипроводхлопок»».Ташкент., 1985, 91-104 с.
10. Гольцов Ю.Я. Количественная оценка динамики минерализации грунтовых вод и дренажного стока при промывном режиме орошения. Обоснование параметров гидромелиоративных систем и сооружений в проектах орошения и освоения крупных земельных массивов. «Тр. ин-та «Средазгипроводхлопок»».Ташкент., 1984, 10-17 с.
11. Математическая энциклопедия. Т.1. – М.: Советская энциклопедия, 1977, 1152 с.

УДК 631.347

## **СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ПОЛИВНОЙ ТЕХНИКИ**

**В.И. Городничев**

ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна, Россия

Качество выполняемого технологического процесса полива дождевальными машинами, в первую очередь, обеспечивается дождевальными аппаратами, насадками и зависит от их конструкции и расстановки. Создаваемые ими дожди являются полидисперсными. Они по-разному влияют на впитывание дождевой воды в почву, образование стока и возникновение дождевой эрозии. На урожайность сельскохозяйственных культур влияет равномерность распределения слоя осадков  $h$ , интенсивности дождя, которая оценивается коэффициентами эффективного  $K_э$ , недостаточного  $K_н$  и избыточного полива  $K_п$ . При этом  $K_э$  должен быть не ниже 0,7.

По мере удаления от дождевальной насадки, струйного аппарата с ростом интенсивности дождя увеличивается размер капель и площадь орошения  $S_п$ , а, следовательно, на ней скорее начинается сток дождевой воды. Существующая

оценка качества создаваемого дождя средним диаметром не отражает как процесс распада струи на капли, так и воздействие дождя на почву, достоверность получаемого результата. Кроме того, происходит перераспределение массы, расхода дождевой воды в сторону крупных капель. Для достоверной оценки выбора критерия оценки дождевальной техники важно знать соотношение расхода дождевой воды, нормы полива  $m_n$ , несомыми крупными и мелкими каплями, как на элементарных площадках, так и всей площади полива. Однако отсутствие современных средств контроля у нас и за рубежом не позволили получать указанную информацию.

Энергетические показатели создаваемого дождя (скорость капель  $v$ , их энергия  $W$ , мощность  $W_y$  и динамическое давление  $P_y$  дождя на почву) вообще не учитываются (одна из причин – отсутствие аппаратуры контроля в нашей стране и за рубежом), хотя многими исследователями разных стран доказано их существенное влияние на уплотнение и разрушение почвы, образование стока и возникновение дождевой эрозии.

Поэтому при создании поливной дождевальной техники (ПТ) задают расход  $q$  насадок, аппаратов, водовыпусков, общий расход  $Q$  и напор  $H$ , площадь полива  $S_n$  или радиус захвата дождем  $R_z$  (рис.1) и другие агротехнические параметры и показатели, в том числе равномерности полива ( $K_z, K_n, K_n$ ), указывают зону орошения (температуру  $t^\circ$ , испарение  $W_i$ , влажность воздуха), тип, влажность  $W_n$  почвы, выращиваемые культуры, год обеспеченности (осадки  $h_o$ ), показатели надежности выполнения технологического процесса орошения.

На основе указанных параметров разрабатывается конструкторская документация (КД), изготавливаются экспериментальные, опытные образцы новой ПТ, проводятся многочисленные исследования, испытания ее работоспособности (лабораторные, хозяйственные и приемочные), с измерением указанных характеристик и определяются качество полива, надежность работы, эксплуатационные показатели.

Применяемые в данном случае средства контроля характеристик дождя, надежность работы и эксплуатации поливной техники примитивны и не отвечают современным требованиям.

Для этих целей разработан ряд современных средств контроля для оценки качества работы поливной техники: портативная измерительно-информационная система "Спектр-4" (рис. 2), измерительно-информационная система контроля динамического давления капель СКРД-1 и микропроцессорные средства регистрации и управления МЦР, МЦУ.

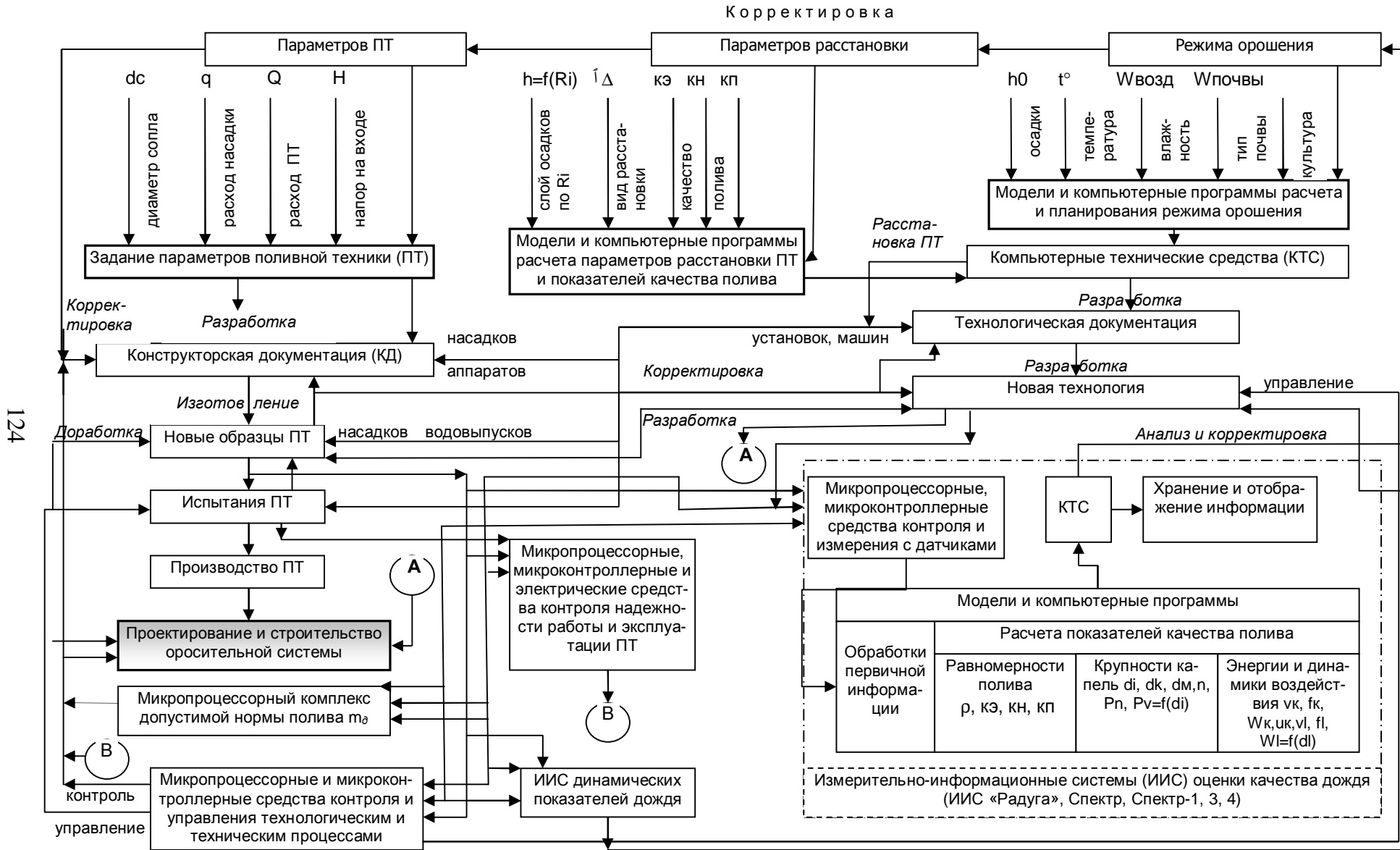


Рисунок 1 – Блок-схема процесса конструирования поливной техники



Рисунок 2 - Портативная измерительно-информационная система "Спектр-4"

Назначение: Измерение размера и скорости капель дождя и оценки качества работы дождевальной техники.

Состав системы:

1. Устройство сбора данных с оптическим блоком, которое включает оптический блок, источник питания DC-DC, Flash – регистратор с АЦП, излучатель света и фотоприемника ФД-1 (фотодатчик ФД-1);
2. Переносной компьютер "Notebook";
3. Аккумуляторная батарея 12 В и 1,2 Ач;
4. Зарядное устройство;
5. Телескопическая подставка (тренога);
6. CD – диск с программным обеспечением.

Принцип контроля и технологии оценки дождя

При пролете капли через луч света фотодатчика ФД-1 образуется электрический сигнал. Амплитуда сигнала пропорциональна размеру, а время пролета через луч – скорости капли. Эти параметры автоматически измеряются, анализируются и в оперативной памяти процессора накапливается информация о распределении капель по размеру, скорости их падения.

Технология оценки состоит в том, что фотодатчик устанавливается в зоне дождя, измеряются параметры капель. После замера информация считывается в компьютер по стандартному каналу, где вычисляются показатели оценки качества дождя.



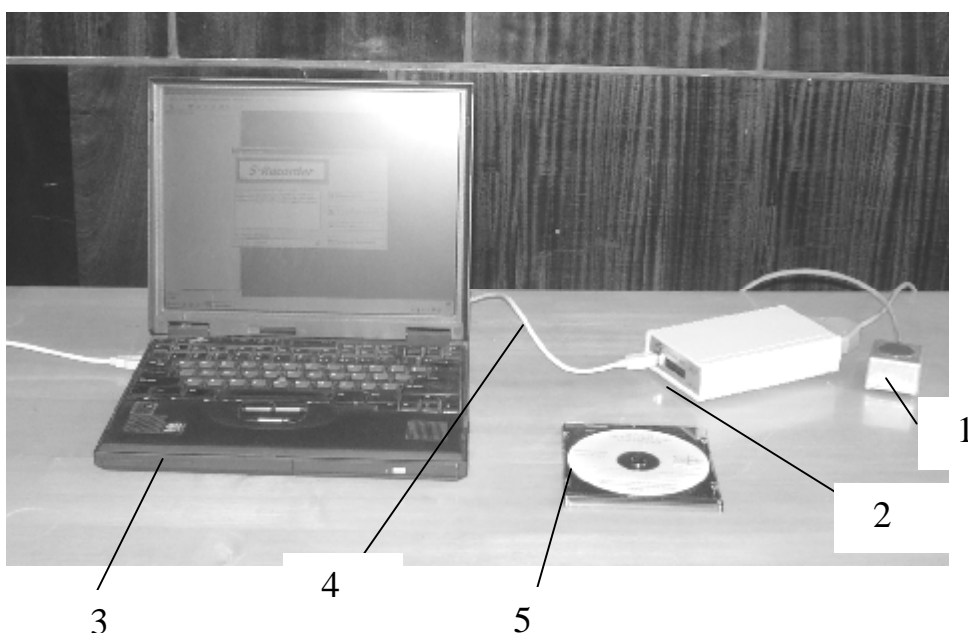


Рисунок 3 - Измерительно-информационная система контроля динамического давления капель СКРД-1:

1 – пьезодатчик, 2 цифровой многоканальный самописец Setoff-Recorder ,  
3 - компьютер "Notebook", 4 - кабели связи, 5 - СД-диск с программным обеспечением

Микроконтроллерный комплекс измерения, регистрации и передачи информации в компьютер предназначен для учета циклов, времени работы и простоя поливной техники, технических и технологических операций, элементов оросительных систем и других технологических объектов с целью определения показателей надежности работы, их эксплуатации.

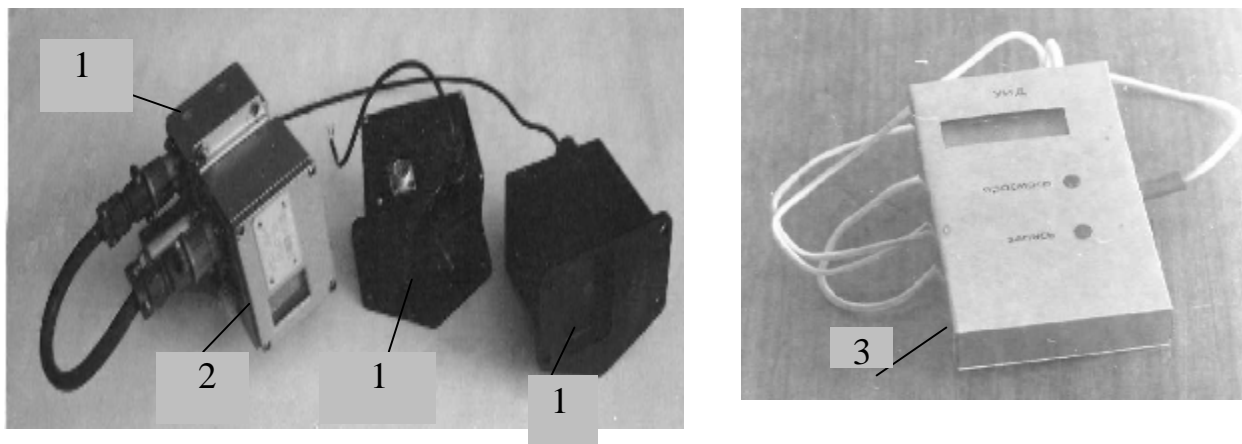
Комплекс изготавливается в двух вариантах (рис. 4).

Вариант 1 включает технологический датчик (ТД), микроэлектронный цифровой регистратор (МЦР-1), устройство индикации данных (УИД).

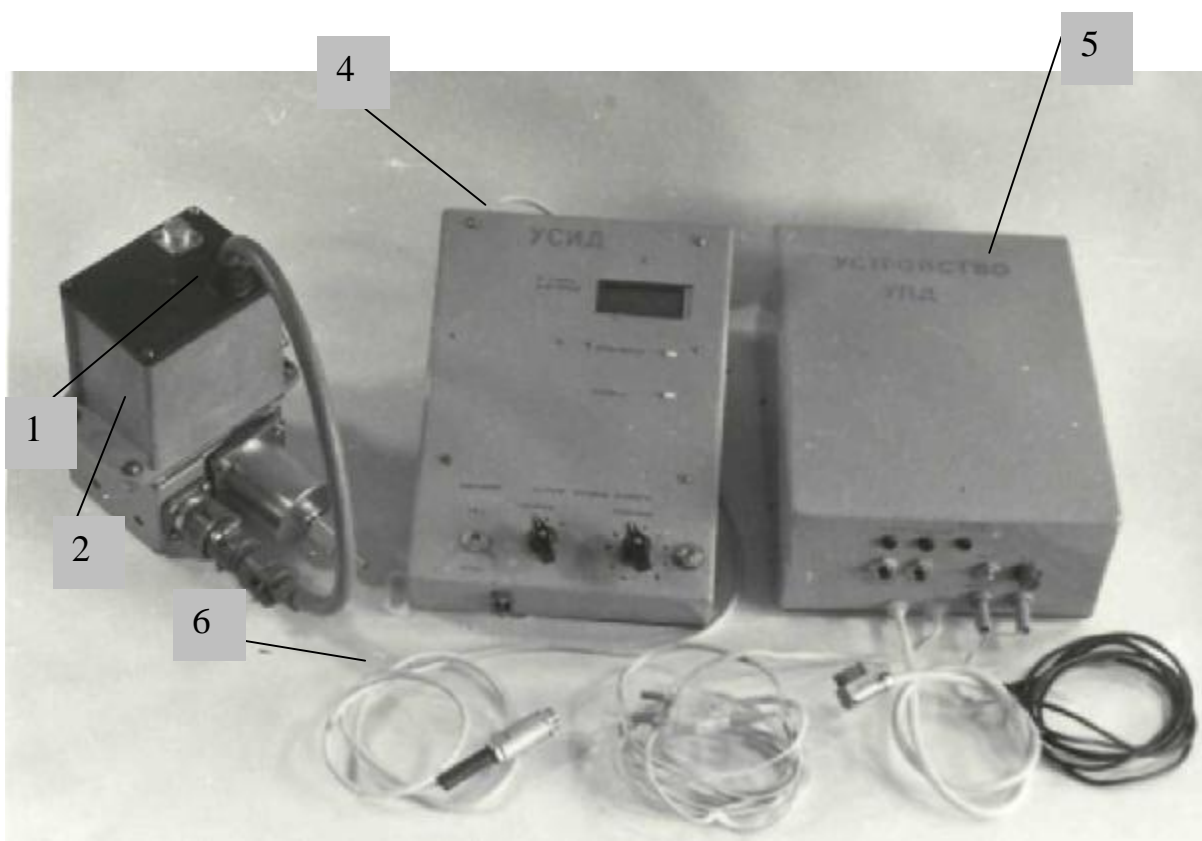
Вариант 2 включает технологический датчик (ТД), микроэлектронный цифровой регистратор (МЦР-1), устройство сбора и индикации данных (УСИД), устройство передачи данных в компьютер (УПД).

В качестве технологических датчиков применяют реле давления типа ДЕМ, электроконтактные манометры, счетчики воды, контактные уровнемеры, датчики углового, линейного перемещения, пространственного положения и т.д., выходом которых являются "сухие" контакты, логические 0 и 1 или частота информационного сигнала, которые передают информацию в микроэлектронный цифровой регистратор МЦР-1, устанавливаемый совместно с технологическим датчиком непосредственно на трубопроводе или конструктивном элементе машины, технологическом объекте. Снятие информации из МЦР-1 в УИД и УСИД осуществляется через разъемные кабельные соединения, которые являются но-

симыми изделиями, и ее просмотр осуществляется в поле. Передача информации в компьютер для ее обработки осуществляется через УПД.



а)



б)

Рисунок 4 - Конструкция микроконтроллерного комплекса измерения, регистрации и передачи информации в компьютер (а – вариант 1; б – вариант 2):

1 – микроэлектронный цифровой регистратор МЦР-1; 2 - технологический датчик (реле давления ДЕМ); 3 – устройство индикации данных УИД; 4 – устройство сбора и индикации данных УСИД; 5 – устройство передачи данных УПД в компьютер; 6 – кабели с разъемным соединением приборов.



## Техническая характеристика комплекса

Продолжительность регистрации времени, сутки	17
Количество регистрируемых импульсов	4096
Количество контролируемых параметров	1...30
Используются технологические датчики со следующими выходными параметрами	Сухой контракт, логический ноль (0) и единица (1), частота
* <sup>1)</sup> Дискретность контроля времени, мин.	6
Уход времени при контроле параметра в течение 17 суток, час	1
Питание МЦР, В	4,5
Питание УИД, УСИД, В	9
Питание УПД, В	220
Габариты МЦР, мм	120x100x120

\*<sup>1)</sup> Дискретность можно уменьшить до 0,1 с, при этом сократится общее время регистрации

Микропроцессорный комплекс управления орошением МКУ (рис. 5) включает в себя:

- программатор;
- управляющий микроконтроллер.

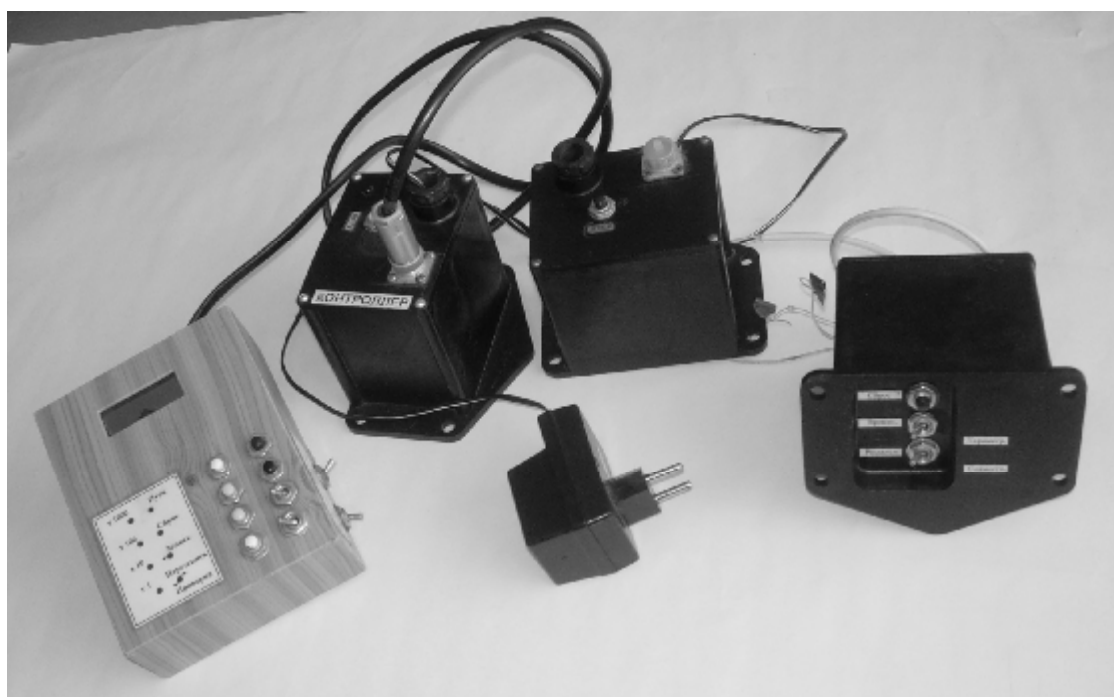


Рисунок 5 - Микропроцессорный комплекс управления: программатор, управляющий микроконтроллер (вид сверху и вид сзади), дополнительный блок питания

Микроконтроллер предназначен для приема, хранения и выполнения программ и автоматизированного управления технологическими объектами, в т.ч. техническими устройствами орошения посредством включения и отключения электроуправляемых клапанов или других исполнительных органов.

Программатор предназначен для набора, занесения, хранения и переписи программ управления в микроконтроллер.

Выдача команд на включение-отключение рабочего или исполнительного органа машины, технического объекта осуществляется в трех режимах управления: - в реальном времени;  
- по контролируемому параметру;  
- поочередное по времени и контролируемому параметру.

#### Технические характеристики микропроцессорного комплекса управления

Типы программы:	циклические, временные, поочередные, совместные
Число входов, контролируемых параметров	2
Время отработки временной программы	1000 сек...1000 час
Количество команд управления	4000
Цена деления, квантования, с мин.	1,10,30 1,10,30,60
Погрешность отработки временной программы, %	0,25
Питание, В	4,5
Габариты программатора, м	150x100x50
Микроконтроллера	120x100x120

Используя микропроцессорный комплекс можно контролировать и управлять одним-двумя технологическими объектами, дождевальными машинами, установкой или их элементами по временной параметрической или совмещенной программе. Выполнение вида параметрической программы зависит от используемого технологического датчика. Например, при использовании счетчика воды с частотным выходом будет выполняться программа подачи воды на орошаемую площадь, использовании микропереключателя – отработываться циклы работы, надежность машины, ее элементов.

Все разработанные современные комплексы контроля позволяют оценить качество полива, надежность работы, параметры эксплуатации дождевальных машин, установок и другого ирригационного оборудования.

УДК 631.6

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ КРОВО-ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СТОЧНЫХ ВОД И ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ**

**Д.П. Гостищев**

Россельхозакадемия, Москва, Россия

Актуальность утилизации сточных вод и животноводческих стоков определяется общечеловеческой проблемой утилизации сточных вод (СВ) и живот-

новодческих стоков (ЖС), снижением их пагубного воздействия на окружающую среду и в первую очередь на водные источники. Использование на орошение СВ и ЖС позволяет произвести их почвенную доочистку, сократить водозабор из естественных водных источников, тем самым сохранив их водность, обезопасить их от загрязнения. Экологически и экономически выгодно производить орошение СВ, а сведения об использовании их на орошение восходит к давним временам человеческой истории. Так, в Ассирийско-Вавилонской империи и в древних Афинах, а также в Римской Империи уже практиковалось организованное удаление сточных вод. В СССР площадь орошения СВ и ЖС превышала 300 тыс.га, при этом на орошение использовалось менее 2% от объема сточных вод. По расчетам специалистов ВНИИ «Прогресс» по сельскохозяйственному использованию сточных вод, пригодных для орошения СВ и ЖС хватило бы для поливов на площади более 5...6 млн.га в 2000 г.

Из вышеизложенного следует, что утилизация СВ и ЖС – одна из важнейших задач современности, так как 1 м<sup>3</sup> СВ, попадая в водный источник, загрязняет 40...60 м<sup>3</sup> и более. СВ, попадая в открытые водоемы и реки, участвуют в физико-химических и биохимических процессах, в результате которых в последних резко увеличивается концентрация загрязняющих веществ и биохимическое потребление кислорода, что приводит к гибели флоры и фауны и многим другим отрицательным экологическим последствиям.

Полностью очистить СВ до показателей природной воды даже на самых совершенных инженерных очистных сооружениях практически невозможно и экономически дорого, а почвенная их доочистка на орошаемых землях позволяет повысить урожайность с.-х. культур, почвенное плодородие, сократить дозы и затраты на внесение минеральных удобрений, сохранить экологическое равновесие окружающей среды.

При использовании СВ и ЖС на орошение применяются все существующие способы полива: дождевание, поверхностные, внутрипочвенные.

Внутрипочвенное орошение (ВПО), при котором СВ поступают в увлажнители, проложенные на глубине 40...50 см от поверхности земли, позволяет полностью исключить контакт человека, животных и надземной части с.-х. культур со сточной водой. Санитарно-гельминтологическая и гигиеническая оценка поверхностных способов полива, дождевания и внутрипочвенного орошения (Н.А.Романенко, 1982) показала, что наиболее благоприятным способом полива СВ является внутрипочвенный. ВПО обеспечивает надежную охрану от загрязнения яйцами гельминтов почву пахотного слоя почвы, предупреждает на оросительной системе распространение зловония и выплода мух.

В состав эксплуатационных работ на системах внутрипочвенного орошения входит:

1 – наблюдение (оперативное) за качеством принимаемых СВ и ЖС и содержанием в них биогенных элементов (N,P,K);

2 – обеспечение приема подготовленных СВ и ЖС, соблюдение режимов орошения и санитарных правил;

3 – наблюдение за УГВ и их качеством, мелиоративным состоянием почв;

4 – внесение на поле недостающих элементов (N,P,K) питания для с.-х. культур;

5 – обеспечение получения высоких урожаев с.-х. культур при высоком их качестве;

6 – выполнение рекомендованных севооборотов;

7 – обеспечение требуемых санитарно-гигиенических условий персонала, обслуживающего оросительную систему с использованием СВ и ЖС.

На оросительную систему СВ и ЖС подаются после предварительной подготовки, которая заключается в следующем: водородный показатель рН должен находиться в пределах 6,5...8,5, содержание сухого остатка не должно превышать 1500 мг/л, количество  $\text{CO}_3^{--}$  - 75;  $\text{HCO}_3^{--}$  - 350;  $\text{Cl}^-$  - 350;  $\text{SO}_4^{--}$  - 500;  $\text{Ca}^{++}$  - 500;  $\text{Mg}^{++}$  - 300;  $\text{Na}^+$  - 250 мг/л; сумма  $\text{HCO}_3^{--} + \text{Cl}^-$  - 700 мг/л, отношение  $\text{Na}^+ : \text{Ca}^{++}$  - 1:2, мутность 1 г/л, диаметр взвешенных частиц – 3 мм (1,2).

На оросительных системах с использованием СВ и ЖС эксплуатация их производится таким образом, чтобы к концу оросительного периода в прудах накопителях не осталось бы СВ и ЖС. Оперативный контроль за химсоставом СВ и ЖС, поступающих на оросительную систему необходим для того, чтобы не превысить расчетную годовую дозу внесения биогенных элементов (азот, фосфор, калий), которая рассчитывается по формуле:

$$M = 10^3 V / CK,$$

где: М – годовая норма полива, м<sup>3</sup>/га; В – вынос азота, фосфора или калия данной культурой при планируемой урожайности, кг/га; С – содержание N,P,K в СВ или ЖС, мг/л; К – коэффициент использования: азота – 0,6...0,7; фосфора – 0,6...0,7; калия – 0,6 (3).

Наблюдение за УГВ и их качеством осуществляется с помощью сети наблюдательных скважин, отбор проб из которых производится перед началом и в конце вегетационного периодов, а также до начала полива и через 3 суток после его окончания. На оросительной системе регулярно весной – осенью до глубины 2 м отбираются пробы почвы на содержание гумуса, N,P,K, солей.

С учетом доз вносимых биогенных элементов, недостающее их количество вносится с поливной водой или поверхностным способом. Перед сбором урожая отбираются методом «конверта» пробы с.-х. культур для определения качества выращенной с.-х. культуры. При поливе ЖС необходимо выдерживать рекомендованный проектировщиками севооборот, в котором размещают культуры с высоким потреблением азота.

Санитарные правила устройства и эксплуатации земледельческих полей орошения предусматривают в случае аварий на оросительной сети или невоз-

возможностью их приема в расчетном количестве, устройство прудов-накопителей или резервных или буферных площадок. Резервные площадки устраивают в виде чехов с контурными валиками высотой не менее 0,5 м. Общая площадь резервных и буферных площадок должна составлять не менее 5% от площади оросительной системы (4).

Поддержание заданного порога влажности путем проведения полив обеспечивает получение высоких, проектных урожаев с.-х. культур.

Так как кротовые увлажнители с укрепленными растворами полимеров стенками имеют срок службы 4...5 лет, то по истечению срока их службы необходимо производить их перенарезку. Контроль за работой кротовых увлажнителей осуществляется с помощью пьезометров, установленных в концевой части участка по а.с. № 1126252 (5). Вторым методом определения работоспособности кротовых увлажнителей является снижение расхода водоподдачи на контролируемый участок.

С целью недопущения повреждения кротовых увлажнителей запрещается пахота глубиной более 30 см.

Модульный участок системы кротово-внутрипочвенного орошения состоит из поливных участков, длина которых 200...220 м и ширина 200...300 м. Таким образом, площадь поливного участка колеблется от 4 до 6,5 га, а модульного участка – до 80...130 га. В состав модульного участка входят: распределительные трубопроводы с колодцами, в которых устанавливают диафрагментные регуляторы уровня; колодцы с вентиляционными стояками; оросительные трубопроводы с пористой засыпкой и колодцами; кротовые увлажнители с пьезометрами; полевые и эксплуатационные дороги; лесополосы.

В задачу оператора-поливальщика при поливах входит маневрирование задвижками, наблюдение за работой регуляторов, контрольно-вентиляционных стояков, вантузов, распределителей, оросителей и увлажнителей и снятие показаний с водомеров и пьезометров.

Организация полива зависит от количества планируемых поливных блоков поливных участков на одном модуле. Поливы следует начинать с верхних по уклону поливных участков.

При организации проведения поливов можно исходить из условия, что один оператор-поливальщик при наличии транспорта может обслуживать один-два модульных участка. Причем при одновременной работе на модуле четырех поливных участков оператор-поливальщик обслуживает один модуль, а если одновременно работают два поливных участка, то два модуля. Продолжительность полива одного модуля не должна превышать 10...12 суток.

Последовательность технологических операций при поливе блока модуля рекомендуется следующей:

- предварительно открыв задвижки намечаемых поливных участков, медленно открывается головная задвижка блока модуля;

- поддерживая с помощью регулятора уровня необходимый напор в начале оросителя в допустимых пределах, выдают заданную поливную норму;
- закончив полив участков, открывают задвижки на следующие поливные участки и закрывают задвижки политых участков и т.д.;
- перед окончанием полива всего блока закрывают головную задвижку;
- после завершения полива всего модуля закрывают все задвижки, а остатки воды в распределителе отводят в сбросной колодец.

Если по показаниям напора расход в ороситель уменьшается в 1,5...2 раза, следует включать следующий ороситель.

Последовательность технологических операций при промывке распределителя блока модуля рекомендуется следующая:

- предварительно открыв задвижки в сбросной колодец, медленно открывают головную задвижку блока модуля;
- регулируют задвижку сбросного колодца из расчета продолжительности промывки по подаче двух-трех объемов самого распределителя;
- опорожняют сбросной колодец с помощью навесных дождевателей типа ДДН-100, ДДН-100С с приводом от трактора или другими передвижными насосными станциями.

Одной из задач работы оператора-поливальщика является ведение учета времени включения каждого блока модуля и каждого поливного участка (для сопоставления с необходимым по расчету для выдачи поливной нормы). Учет ведется в полевом журнале, где заранее проставлены плановая расчетная поливная норма для каждой культуры, время начала полива (с точностью до  $\pm 2$  мин), номер модуля, блока, поливного участка, номер оросителя и напор в его голове.

После окончания поливного сезона необходимо:

- промыть трубопроводы;
- провести осмотр сооружений и составить дефектные ведомости;
- провести ремонтно-эксплуатационные мероприятия;
- законсервировать основное и вспомогательное оборудование;
- колодцы закрыть люками или плитами;
- открыть все задвижки и вентиляционные стояки.

Эксплуатацию насосных станций необходимо проводить в соответствии со СНиП и действующим «Типовым положением о техническом обслуживании внутрихозяйственных систем, насосных станций и других гидротехнических сооружений». Кроме того, следует учитывать положения по данному вопросу в нормативных документах и различных рекомендациях по орошению сточными водами и животноводческими стоками.

Обязательной работой службы эксплуатации является обучение персонала навыкам работы в условиях систем ВПО, правилам техники безопасности, соблюдения требований к условиям труда, которые достаточно детально рассмат-

риваются в основных действующих нормативных документах. При этом существенных отличительных особенностей от подобных требований по безопасности труда на оросительных системах с использованием сточных вод и животноводческих стоков при применении других способов орошения не выявляется.

Можно напомнить, что безопасность труда рабочего персонала регламентируется ГОСТ 12.3.002-75, что требуются регулярные инструктажи по безопасности труда, периодические медицинские осмотры, работающие должны быть обеспечены спецодеждой и средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.011-75 в соответствии с нормами и т.п.

В Аксайском районе Ростовской области на предкавказских черноземах при орошении сточными водами свиноводческого комплекса с дозой внесения с ними 160-240-320 кг/га азота в среднем за 4 года урожайность зерна кукурузы соответственно составила 12,0...11,2 и 9,8 т/га при 7,6 т/га поливом природной водой. Без орошения – 4,4 т/га, а при поливах по бороздам природной водой 6,8, а свиностоками и дозах азота в них 160-240-320 кг/га – 8,8...9,0 и 8,6 т/га.

При кротово-внутрипочвенном орошении наибольший урожай получен при дозе внесения азота 160 кг/га, а при бороздковом – 240 кг/га.

Проведенный зоотехнический состав выращенной кукурузы показал, что содержание сырого протеина в зерне в целом увеличивается по сравнению с контролем (полив природной водой). Содержание калия при поливе по бороздам увеличивается с увеличением поливной нормы свиноводческими стоками, а по кротовинам это проявляется менее четко. Содержание Са везде очень низкое, что характерно для зерна кукурузы и легко устраняется при составлении кормовых рационов. Содержание нитритов во всех вариантах низкое. Это говорит о том, что дозы внесения ЖС по азоту до 320 кг/га не являются для кукурузы избыточными и снижение урожая объясняется другими факторами. Наиболее вероятными причинами является несбалансированность с фосфором и низкий порог влажности (6).

### **Литература**

1. Гостищев Д.П., Мякотин Г.Н., Глоба Л.Н., Глоба Н.В. и др. Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации систем кротово-внутрипочвенного орошения животноводческими стоками свиноводческих комплексов для условий Ростовской области. – М., 1986, 58 с.

2. Боровой Е.П., Гостищев Д.П., Овчинников А.С. Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации систем внутрипочвенного орошения сточными водами и животноводческими стоками. - Волгоград, тип.ВГСХА, 2000, 100 с.

3. Справочник «Орошение» (под редакцией Б.Б.Шумакова), - М., Агроиздат, 1999.

4. Романенко Н.А., Шурандин А.С., Новикова Л.А. и др. Санитарные правила устройства и эксплуатации земледельческих полей орошения. – М., 1985, тип.Минздрава СССР, 10 с.

5. Шумаков Б.Б., Гостищев Д.П., Дубенский А.А. и др. Способ установки пьезометров на кротовом увлажнителе и устройство для его осуществления. А.с. № 1126252. Б.И. № 44, 1984.

6. Гостищев Д.П. Техника и технология орошения сточными водами и животноводческими стоками с учетом охраны окружающей среды. – М., 1994, 64 с.

УДК 631.6

## **МЕРЫ ПО БОРЬБЕ С ЭРОЗИЕЙ ПОЧВ ПРИ ПОЛИВЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ДОЖДЕВАНИЕМ**

**Д.П. Гостищев, Е.Ю. Гильденберг**  
Россельхозакадемия, Москва, Россия

В России, как и в других странах, смыв почвы с орошаемых дождеванием сельскохозяйственных культур может стать серьезным препятствием на пути повышения продуктивности орошаемых земель. Поэтому предупреждению эрозионных процессов, борьбе с ними необходимо уделять не меньше внимания, чем предупреждению засоления и заболачивания почв на оросительных системах и землях к ним прилегающих.

В зависимости от способов полива, типа почвы, условий рельефа, вида возделываемых культур, применяют различные противоэрозионные мероприятия: организационно-хозяйственные, агротехнические, гидротехнические, лесомелиоративные и эксплуатационные. Огромная роль в этом комплексе отводится агро- и гидротехническим мероприятиям. Наибольший почвозащитный эффект достигается в результате комплексных мероприятий.

Организационно-хозяйственные и агротехнические мероприятия включают в себя проведение агрохимических обработок склоновых земель с помощью специальной почвозащитной техники, с поделкой на склонах лунок, террас, лиманов, позволяющих равномернее распределить воду и не допустить развитие ирригационной эрозии. Немаловажным является подбор сельскохозяйственных культур, где предпочтение следует отдавать многолетним травам, культурам сплошного сева. Севообороты являются важнейшим фактором, сберегающим сохранность почв от эрозии, повышению и сохранению почвенного плодородия. Установлена высокая почвозащитная роль люцерны, злаково-бобовой смеси. Растительный покров предохраняет поверхность почвы от ударного воздействия дождевых капель, а стебли растений рассредоточивают поверхностный сток. Чем насыщеннее севооборот многолетними травами, тем выше его почвозащитная эффективность. Мульчирование почвы также позволяет повысить ее защиту от эрозии. Положительное явление на снижение процессов водной эрозии оказывает внесение органических удобрений, которое не только повышает почвенное плодородие, но и повышает поливные нормы до образования луж на поле.

Для создания противоэрозионного микрорельефа у сеялок СЗС-2,1 на клиновирных катках делают вырезы, в результате чего после прохода агрегата об-



разуется гофрированная поверхность поля, которая способствует большему накоплению влаги, улучшению роста и развития растений (1).

На сложных многосторонних склонах для уменьшения поверхностного стока зяблевую обработку проводят также с поделкой прерывистых борозд и микролиманов. На ранней и негребнистой зяби после прорастания сорняков применяют лункование лункообразователями ЛОД-10 или преобразованными дисковыми луцильниками ЛД-10, ЛДГ-10, ЛДГ-5, к которым выпускаются батареи для поделки лунок. Пахоту с одновременным обустройством лунок проводят навесным плугом «Пахарь» с приспособлением для лункования ПРИТ-90000. Оно обеспечивает образование на 1 га 11...14 тыс. лунок с общей емкостью 250...300 м<sup>3</sup>. Прерывистое бороздование выполняется плугом с закрепленным на нем трехлопастным перемычкоделателем. Приспособленные к плугу «Пахарь» для прерывистого бороздования ПРНТ-70000 позволяет на 1 га сделать 4000...4200 борозд общей емкостью 350...400 м<sup>3</sup> (1).

Для устройства микролиманов используют приспособление к плугу ПРНТ-80000. Количество микролиманов на 1 га 4000-4200 с общей емкостью 900 м<sup>3</sup>. За счет дополнительной влаги, удерживаемой на поле, устойчивые прибавки урожайности яровых зерновых от 1,5 до 2,0 ц/га. Дополнительный доход с 1000 га при этом способе обработки почвы составил 6580 руб. в ценах 1975 г. (1).

Повышения бессточных поливных норм можно добиться с помощью кротования или щелевания почв, устраивая их поперек склона. Опытами, проведенными акад. Б.А. Шумаковым и А.А. Бурдуном установлено, что увеличение достоковой поливной нормы на прощелеванном участке зависит от интенсивности дождя и предполивной влажности. Отмечалось, что щель до появления стока как активный поглотитель не работает и лишь после образования слоя в 1...2 мм она начинает активно поглощать воду (2).

Исследования по изучению влияния кротования на увеличение водопроницаемости почвы, занятой многолетними травами 4 года жизни проводились на дерново-подзолистой, среднесуглинистой почве в Наро-Фоминском районе Московской области. На орошение использовали биологически очищенные сточные воды свинокомбината. Плотность метрового слоя почвы 1,76 г/см<sup>3</sup>, а НВ- 22,1% (3, 4).

Кротовины нарезались глубиной 30...35 см через 90 см. Влажность почвы в период нарезки кротовин в слое 0...40 см составляла 73,4% НВ. Опыты по изменению впитывающей способности почвы на кротованном и некротованном варианте проводили на следующие сутки после нарезки. В таблице 1 приведены результаты наблюдений, из которой видно, что коэффициент впитывания на площадке с кротованием равен 0,80, а без кротования – 0,56.

Средняя скорость впитывания за 1 час на некротованном варианте 0,23 м/ч, кротованном – 0,44 или почти в 2 раза больше. Коэффициент фильтрации на некротованном варианте 0,015 м/сут., кротованном – 0,09 м/сут.

Таблица 1 - Изменение скорости впитывания стоков на некротованном и кротованном вариантах

Кротованная площадка				Некротованная площадка			
Время от начала опыта, мин.	Слой впитывания, см	Скорость впитывания		Время от начала опыта, мин.	Слой впитывания, см	Скорость впитывания	
		см/мин.	м/ч			см/мин.	м/ч
2	6,0	3,00	1,80	2	1,0	0,500	0,300
9	12,9	1,43	0,86	5	1,3	0,260	0,160
13	16,3	1,25	0,75	14	2,7	0,190	1,110
20	16,7	0,81	0,50	33	4,1	0,120	0,070
30	17,4	0,58	0,35	47	4,2	0,090	0,054
45	18,0	0,35	0,24	72	4,7	0,065	0,040
60	20,0	0,3	0,20	107	5,7	0,053	0,030
90	22,5	0,25	0,15	147	6,2	0,042	0,025
120	23,9	0,20	0,12	177	6,7	0,038	0,023
150	26,2	0,18	0,11	217	7,0	0,032	0,019
180	27,1	0,15	0,09	247	7,3	0,031	0,018
240	33,5	0,14	0,085	277	7,4	0,027	0,016
300	39,0	0,13	0,090	-	-	-	-

Полевые опыты по изучению эффективности кротования проводили на многолетних травах 4-го года пользования. Глубина кротовин 25...28 см, расстояние между ними 90 см, нарезались они поперек уклона ( $I = 0,008...0,02$ ). Влажность почвы в момент нарезки кротовин (13 июня) в слое 0...30 см составляла 21% массы сухой почвы (78% НВ).

Поливы проводили дождевальным аппаратом ДД-30: первый – 3 июля, второй – после 1-го укоса 18 июля. Перед первым поливом влажность почвы опустилась до 67% НВ в слое 0...30 см. Интенсивность дождя 0,235 мм/мин. На некротованном варианте до начала образования стока проходило 60 мин., а бессточная поливная норма составила 140 м<sup>3</sup>/га. Глубина промачивания почвы в среднем была равна 20 см, влажность повысилась на 3...4% по сравнению с предполивной.

На кротованном участке по истечении 40...45 мин на полосах между кротовинами начинался поверхностный сток, но за пределами орошаемого участка он не наблюдался, стоки впитывались щелью от кротовины и самой кротовиной. Образование стока с поверхности орошаемого участка начиналось после полного заполнения кротовин. Это происходило через 80...85 мин. от начала полива после выдачи 200 м<sup>3</sup>/га стоков.

Следовательно, нарезка кротовин позволила увеличить продолжительность полива на 20...25 мин., а поливную норму на 40...45%. Глубина промачивания почвы в этом случае составила 50...60 см. Распределение влаги между крото-

винами в начальный период полива неравномерное, по истечении суток в кротовине влажность почвы по слою 0...60 см увеличилась на 6%, а между кротовинами всего на 2%, что примерно соответствует некротованному варианту.

На глубине закладки кротовин отмечалась область повышенной влажности (табл. 2).

Таблица 2 - Влажность почвы на кротованном варианте,  
% от массы сухой почвы

Горизонт		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	В среднем по слою
До полива	в кротовине	16,8	17,9	18,9	18,8	20,9	20,3	20,8	19,9	20,1	20,0	18,9
	¼ от кротовины	17,0	16,2	19,0	19,2	20,6	20,1	21,1	19,7	20,0	19,8	19,1
	в середине	17,4	19,2	18,8	20,3	21,0	20,3	20,1	21,5	19,5	19,0	19,5
Через сутки после полива	в кротовине	29,5	23,2	28,5	25,4	22,9	20,3	20,1	21,2	19,1	19,2	25,0
	¼ от кротовины	24,0	23,0	24,6	23,6	22,7	20,5	21,5	20,0	20,3	20,0	23,0
	в середине	22,5	21,6	22,3	21,0	21,5	20,8	21,0	20,9	20,5	20,1	21,6
Через 3 суток после полива	в кротовине	27,2	23,5	25,2	25,4	23,1	21,0	21,1	20,8	19,8	19,9	24,2
	¼ от кротовины	23,9	24,2	25,3	23,5	22,8	21,9	20,8	20,9	20,0	20,1	23,6
	в середине	21,9	21,0	20,5	22,5	20,9	20,5	21,0	21,9	20,6	20,5	21,2
Через 5 суток после полива	в кротовине	26,8	23,1	24,5	23,1	22,0	20,9	21,0	20,4	20,0	19,8	23,4
	¼ от кротовины	22,2	22,5	22,6	21,9	21,5	20,4	20,5	21,0	20,4	19,9	21,8
	в середине	22,4	23,1	23,4	22,9	21,3	20,5	20,3	21,2	21,3	20,0	22,0
Через 10 суток после полива	в кротовине	22,9	23,5	23,6	22,9	21,9	20,7	20,5	19,8	19,5	19,6	22,5
	¼ от кротовины	21,9	20,8	21,8	22,0	22,3	21,0	20,9	20,9	19,9	19,9	21,6
	в середине	10,5	21,0	21,3	21,9	21,0	20,7	21,0	20,8	20,2	20,4	21,0

Общий сток с некротованного варианта отмечался по истечении 40...45 мин при поливной норме 120 м<sup>3</sup>/га. На кротованном варианте время увеличивалось до 60 мин, а поливная норма (бессточная) до 160 м<sup>3</sup>/га, что на 32% больше, чем на некротованном варианте.

После 2 поливов кротовины заилялись, но почва в местах их расположения была более рыхлой, чем между кротовинами. Применение кротования способствовало увеличению урожая многолетних трав. Урожайность многолетних

трав за 3 укоса на некротованном варианте составила 36,0 т/га, на кротованном – 41,5 т/га, т.е. на 15% больше.

Экономический эффект от применения кротования определялся по разности затрат на орошение на некротованном варианте, а также по стоимости дополнительно полученной продукции на кротованном варианте. Затраты на полив складываются из зарплаты тракториста и поливальщика, отчислений на амортизацию, текущий ремонт, затрат на топливо. На кротованном варианте дополнительно учитываются затраты на проведение кротования.

Благодаря кротованию увеличивается продолжительность полива, поливная норма и уменьшается количество поливов. Для выдачи оросительной нормы 1500 м<sup>3</sup>/га необходимо провести 10 поливов, но частые поливы малыми нормами приводят к непроизводительному использованию дождевальными машинами, увеличению эксплуатационных затрат на поливы, неглубокому промачиванию почвы.

Для увеличения поливной нормы необходимо проводить кротование (щелевание) орошаемых площадей. В условиях совхоза им.50-летия СССР вследствие кротования поливная норма возросла до 200...220 м<sup>3</sup>/га, а число поливов сократилось с 10 до 7.

В результате сокращения числа поливов (на 3) и повышения урожайности многолетних трав на 15% экономический эффект от кротования составил 2,8 тыс.руб. на площади 200 га в ценах 1980 г. (3, 4).

Процесс эрозии почвы характеризуется интенсивностью смыва (т/га в год или мм/год). В этих же единицах измеряется и процесс почвообразования. О степени опасности эрозии судят по сопоставлению почвообразования и эрозии (табл. 3). Если почвообразование меньше величины эрозии, то ее считают ускоренной (5).

Таблица 3 - Шкала для оценки интенсивности эрозии почв (5)

Потери почвы за год, мм	Оценка эрозии
Меньше скорости почвообразования	эрозии нет
Меньше 0,5	слабая
0,5 – 1,0	средняя
1,0 – 2,0	сильная
2,0 – 5,0	очень сильная
Больше 5,0	катастрофическая

Являясь прогрессивным способом полива, дождевание также, как и поверхностное, несет угрозу ирригационной эрозии. Падающие капли дождя при поливе дождеванием вызывают физическое разрушение почвы, ухудшение ее агрофизического состояния. Структура почвы разрушается, мелкие частицы за-

купоривают почвенные поры, поверхность пашни заплывает, а при высыхании покрывается трещинами, в результате этого плодородие почвы резко падает.

Перемещение почвы вниз по уклону происходит вследствие разбрызгивания при ударе капель о землю, а также за счет смыва ее движущейся по поверхности поля водой.

При поливе дождеванием уменьшение ирригационной эрозии почв достигается при правильном агротехническом ведении земледелия. В тех случаях, когда необходимого противоэрозионного эффекта за счет этого нельзя достигнуть, следует применять специальные противоэрозионные приемы. Предотвращения или уменьшения ирригационной эрозии почв при дождевании можно достигнуть за счет применения дождевальной техники, обеспечивающей интенсивность дождя, соответствующую впитывающей способности почвы. Для тяжелых почв допустимой является интенсивность 0,06...0,15, для средних – 0,1...0,25 и легких – 0,15...0,45 мм/мин.

В дождевальной машине «Фрегат» предусмотрен набор дождевальных аппаратов, обеспечивающих различную интенсивность дождя.

Развитие процессов ирригационной эрозии зависит от выровненности орошаемых участков. Если поля не спланированы, оросительная вода при дождевании скапливается в понижениях рельефа и сосредоточенные струи ее вызывают интенсивный смыв почвы. Поэтому планировка полей благоприятно влияет на уменьшение ирригационной эрозии.

Проведенные исследования на полях в колхозе им. Шаумяна Георгиевского района Ставропольского края показали, что большую роль на водопроницаемость почвы влияют ее механические свойства. Так, суглинистые и плотные почвы обладают малой инфильтрационной способностью, а супеси и песчаные почвогрунты – большой. Полевые работы проводились на стоковых площадках, по границам которых устанавливались дождемеры. Стоковые площадки принимались размером 2 × 7 м. Площадки таких размеров дают возможность учитывать влияние микрорельефа местности на впитывание дождя в почву, а также на изменения величины стока. В нижнем по склону углу площадки устраивался водослив для учета количества стока и отбора проб на мутность. Стоковая площадка по периметру ограждается полиэтиленовой пленкой (высота 25...30 см) по деревянному каркасу из реек, чтобы не было поступления воды с прилегающей площади. Перед водосливом выстилается полиэтиленовая пленка размером 0,7 × 0,7 м для предохранения от размыва. По периметру на расстоянии 1 м от стенок стоковой площадки устанавливались капроновые дождемерные стаканы для измерения интенсивности дождя и слоя осадков, выпадающих на площадку при поливе ДМ «Фрегат».

Одновременно учитывался суммарный сток воды с площадки, с помощью протарированных ведер, установленных в приямок за водосливом. Приямок закрывался фанерным щитом и пленкой. Пробы на мутность отбирались в бутыл-

ки емкостью 0,5 л. Мутность, а также размеры смываемых частиц, определялись в агрохимлаборатории НИМИ. Полученные данные опытов приводятся в таблице 4 (б).

Таблица 4 - Колхоз им. Шаумяна Георгиевского района,  
полив ДМ «Фрегат», I = 0,02

Вид с.-х. культур	Продолжительность полива, мин. /начало образования стока, мин.	Интенсивность дождя, мм <sup>3</sup> /мин.	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Сток		Толщина смытого слоя, мм
				м <sup>3</sup> /га	%	
Кукуруза на зерно	100 / 50	0,46	330	6,7	1,8	0,003
Люцерна	100 / 45	0,80	600	124	18,8	-

Анализ опытных данных показывает, что при дождевании машиной «Фрегат» на посевах кукурузы при интенсивности дождя 0,46 мм/мин. и поливной норме 328 м<sup>3</sup>/га на стоковых площадках с уклоном 0,02 сток был незначительным – в пределах 2%.

При поливе люцерны с нормой полива 600 м<sup>3</sup>/га при высокой интенсивности дождя – 0,8 мм/мин. и одинаковом уклоне площадки (I = 0,02) сток составил около 19%, но смыва почвы не было. Из этого следует, что наличие травяного покрова люцерны 2 года жизни и оструктуренность почвы на больших уклонах значительно повышают сопротивляемость почвы к размыву (б).

## Литература

1. Кафарена В.И., Курдюков Ю.Ф., Шабаетов А.И., Комаров Б.А. Меры борьбы с засухой и эрозией почв в Поволжье. – Саратов, Приволжское книжное издательство, 1976, 49 с.
2. Шумаков Б.А., Бурдун А.А. Щелевание – способ повышения водопоглощающей способности почв при дождевании. – Тр.НИМИ, Новочеркасск, 1972, т.15, вып.1.
3. Гостищев Д.П. Влияние кротования на увеличение водопроницаемости почвы и урожай. Межвузовский сб.н.тр. «Использование сточных вод для орошения с.-х. культур. – Волгоград, 1990, с.126-131.
4. Кастрикина Н.Н., Гостищев Д.П. Опыт орошения биологически очищенными свиностоками в Московской области. Проспект на ВДНХ. – М., 1984, 4 с.
5. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. – Изд-во МГУ, М., 1996, 335 с.
6. Поляков Ю.П., Гильденберг Е.Ю. Зависимость впитывания почв от интенсивности при дождевании. Тезисы конференции «Экологические аспекты мелиорации Северного Кавказа». – Новочеркасск: НИМИ, 1990.

## **СПОСОБЫ ПОЛИВА И РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ КУЛЬТУР В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ**

**М.С. Григоров, С.М. Григоров, М.В. Демков**

Волгоградская ГСХА, Волгоград, Россия

В последние годы Россия начала отставать от многих стран по техническому обеспечению мелиораций. Значительно сократились площади мелиорированных и особенно орошаемых земель. Площадь мелиорированных земель России составляет 9,3 млн.га – 4,5 млн.га орошаемые и 4,8 осушенные, что составляет 7,5% от общей площади пашни. Однако, несмотря на такое состояние, на мелиорированных землях производится около 65% овощей, более 15% грубых и сочных кормов для животноводства, большое количество других продуктов растениеводства, а рис и хлопок на 100% производится только при орошении.

Необходим комплексный подход к возрождению мелиоративного комплекса, для чего следует совершенствовать способы полива и режимы орошения сельскохозяйственных культур. Этим и занимается кафедра мелиорации земель и эксплуатации водохозяйственных объектов Волгоградской государственной сельскохозяйственной академии в различных регионах России и СНГ.

Качественный полив может быть осуществлен только при правильном выборе способа и техники полива, так как от этого в значительной степени зависят режим орошения, урожайность сельскохозяйственных культур, производительность труда на поливе, объем планировочных работ и др.

Появление устойчивых полимерных материалов и разработка механизированной укладки пластмассовых трубопроводов и бестраншейных трубоукладчиков создают благоприятные условия для широкомасштабного применения ВПО, как одного из наиболее прогрессивных способов полива.

Этот способ позволяет одновременно с поливом вносить непосредственно в корнеобитаемый слой почвы потребное количество питательных веществ, а также скрывает огромные возможности более полно и эффективно использовать для орошения полей животноводческие стоки, умелая их утилизация является проблемой особой важности.

Из таблицы 1 можно видеть снижение коэффициента водопотребления с 1457 м<sup>3</sup>/т на контроле до 656 м<sup>3</sup>/т на участке ВПО (среднее между вариантами). Это свидетельствует о преимуществе внутрпочвенного орошения перед другими способами полива не только в экономии воды, но и увеличении урожая пшеницы. Разница между водопотреблением ВПО и дождеванием в среднем составляла 12%.

Таблица 1 - Режим орошения, урожай и водопотребление озимой пшеницы  
Мироновская 808 в Белгородской области

Вариант опыта	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т	Урожайность, т/га
Без орошения	-	2291	1457	1,57
Дождевание, фон +75-80% НВ	1582	3755	918	4,09
Внутрипочвенное орошение:				
фон +65-70% НВ	900	3096	639	4,85
фон +75-80% НВ	1160	3343	653	5,12
фон +85-90% НВ	1300	3393	675	5,03

Одним из ресурсосберегающих способов орошения, направленным на регулирование фитоклимата почвы и растений и отвечающего требованиям экономики воды, является мелкодисперсное дождевание.

На полях учхоза «Горная поляна» возделывалась озимая пшеница Краснодарская 39. Полив выполнялся при помощи агрегата ДДА-100МА. Мелкодисперсное дождевание проводили с использованием дополнительного оборудования, устанавливаемого на ДДА-100МА в жаркие и сухие дни вегетационного периода с температурой воздуха выше 22<sup>0</sup> С. В засушливых условиях Поволжья высокие и устойчивые урожаи зерна озимой пшеницы формируются при регулировании фитоклимата посева мелкодисперсным дождеванием на фоне поддержания дифференцированного предполивного порога влажности 70-80-70% НВ. Оптимизация режима орошения путем сочетания обычного дождевания с мелкодисперсным характеризуется снижением суммарного и среднесуточного водопотребления на посевах озимой пшеницы до 18%. Среднесуточное недопотребление озимой пшеницей по межфазным периодам изменяется от 25,4...38,3 м<sup>3</sup>/га (в фазе «возобновление вегетации - начало выхода в трубку») до 57,0 ...57,5 м<sup>3</sup>/га (в фазе «колошение-формирование зерна»). Эффективность регулирования фитоклимата посева проведением мелкодисперсного дождевания при урожайности 6,8...7,03 т/га обеспечивается на фоне поддержания влажности активного слоя почвы на уровне 70-80-70 % НВ, что достигается проведением 2...3 вегетационных поливов нормой 500-600 м<sup>3</sup>/га с внесением N<sub>156</sub>P<sub>70</sub>K<sub>60</sub>.

На Дальнем Востоке нами применялись сапропелевые удобрения.

Применение сапропеля в дозах 20 и 40 т/га повысило урожайность пшеницы на 0,44 и 0,80 т/га. Дальнейшее увеличение дозы сапропеля не сопровождалось ростом урожая зерна. При возрастании дозы сапропеля до 60-80 т/га, увеличивалось содержание общего фосфора в зерне 2,1...2,9%. Дозы сапропеля 40...80 т/га



повышали содержание общего фосфора в зерне на 0,04...0,10% относительно контрольного варианта.

Как показали результаты научных и производственных посевов на площади 600 га, добавки сапропеля определяют высокую эффективность природных удобрений, причем действие сапропеля не ограничивается одним годом, добавки оказали положительное влияние и на последующие культуры (табл. 2).

Таблица 2 - Влияние сапропеля на урожайность зерновых культур на осушенных землях СХПК «Песчаноозерский»

Культура	Год	Контроль, т/га	Урожайность, т/га при дозах сапропеля		Прибавка урожайности, т/га	
			40 т/га	80 т/га	40 т/га	80 т/га
Действие сапропеля в год внесения						
Зерносмесь	1997	1,37	2,01	2,17	0,64	0,80
Последствие сапропеля по годам.						
Овес	1998	1,82	2,31	2,49	0,49	0,67
	1999	1,61	2,13	2,29	0,52	0,68
	2000	0,82	1,35	1,81	0,53	0,99

Учитывая распределение корневых систем по глубине можно заключить, что активный слой не должен превышать пятидесяти сантиметров. Это тем более верно, что в условиях орошения, когда в верхних слоях почвы постоянно поддерживается достаточно высокий уровень влажности, зона активного водообмена уменьшается, приближаясь по мощности к расчетному слою увлажнения.

В наших опытах мы также большое внимание уделяли определению водопотребления овощных культур. Суммарное водопотребление по годам исследований у нас было непостоянным как по культурам, так и по годам (табл. 3,4).

Таблица 3 - Урожай и водопотребление огурцов

Варианты опыта	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т	Урожайность, т/га
Без орошения	-	3320	163,5	20,3
Малые поливные нормы	1575	4804	177,3	27,1
Периодическое	900	4128	172,0	24,0

Таблица 4 - Урожай и водопотребление томатов

Варианты опыта	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т	Урожайность, т/га
Без орошения	-	3572	142,3	25,1
Малые поливные нормы	535	4113	155,8	26,4
Периодическое	450	3994	132,3	30,2

Аналогичные данные получены по остальным овощным культурам.

Опыты в 2003-2005 г. проводились на орошаемых землях хозяйства «Луч» п. Новый Рогачик Городищенского района Волгоградской области.

Сравнительная оценка возможной и фактической продуктивности столовой свеклы свидетельствует о наличии большого нереализованного резерва повышения урожайности этой культуры за счет оптимизации сочетания основных регулируемых факторов роста и развития растений прежде всего при усовершенствовании режима орошения.

Таблица 5 - Поливной режим столовой свеклы

Глубина увлажняемого слоя, м	Год исследования	Фазы роста и развития столовой свеклы			Кол-во поливов, шт.	Орос. норма, м <sup>3</sup> /га
		всходы-утолщение корневой шейки	утолщение корневой шейки-технич. спелость	техническая спелость-уборка урожая		
0-0,5	2003	85/100	70/300	60/400	13	3200
0-0,3		85/100	70/350	60/450	11	3550
0,3-0,5		85/100	70/450	60/600	10	3600
0,2-0,3-0,5		85/100	70/450	60/450	10	3450
0-0,5	2004	85/100	70/300	60/400	16	4300
0-0,3		85/100	70/350	60/450	15	4600
0,3-0,5		85/100	70/450	60/600	12	4650
0,2-0,3-0,5		85/100	70/450	60/450	12	4350
0-0,5	2005	85/100	70/300	60/400	18	4700
0-0,3		85/100	70/350	60/450	18	5300
0,3-0,5		85/100	70/450	60/600	16	5750
0,2-0,3-0,5		85/100	70/450	60/450	16	5450

\*) В числителе предполивной порог влажности, %НВ, в знаменателе поливная норма, м<sup>3</sup>/га.

Поливные нормы изменялись по вариантам глубины увлажняемого слоя и фаз роста и развития столовой свеклы. Так, в начальный период поливная норма равнялась 100 м<sup>3</sup>/га для всех вариантов, во второй период – от 250 до 400 м<sup>3</sup>/га, в период технической спелости поливная норма составила 200-550 м<sup>3</sup>/га (табл. 5)

Кукуруза является одной из наиболее ценных кормовых культур, возделываемых в Волгоградском Заволжье. Определяется это возможностью получения из нее высококачественных кормов в виде зерна, зеленой и силосной массы, которые используются для откорма скота практически круглый год. Относясь к группе теплолюбивых и относительно засухоустойчивых растений, она хорошо отзывается прибавкой урожая на поливы при недостатке атмосферных осадков.

Изучено влияние различных уровней минерального питания на формирование урожая кукурузы и его качество при поливе дождевальной машиной «Кубань-ЛК» в условиях Волгоградского Заволжья для рассмотренных в опыте режимов орошения.

В Волгоградском Заволжье на светло-каштановых почвах имеются благоприятные условия для получения высоких урожаев зеленой массы кукурузы при орошении с помощью дождевальной машины "Кубань-ЛК".

Результаты экспериментального изучения различных режимов орошения показали, что самые высокие урожаи зеленой массы кукурузы с заданным уровнем минерального питания были, получены при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 75...80% НВ в дифференцированном слое почвы 0,5 и 0,8 м, что в условиях исследований обеспечивалось 6...8 поливами поливными нормами 29,0...35,3 мм и 67,1...71,3 мм. Оросительная норма при таком поливном режиме изменилась от 306,2 мм до 366,6 мм.

Применение минеральных удобрений на орошаемых землях Волгоградского Заволжья улучшало пищевой режим почвы по сравнению с неудобренными вариантами, содержание нитратного азота в пахотном слое почвы при норме внесения N140P120K90 в среднем увеличилось на 12,9 мг/кг, а при внесении N180 P120K90 - на 19,5 мг/кг. Концентрация подвижного фосфора и обменного калия в этих посевах соответственно возросла на 26,4 и 42,8 мг/кг.

Зеленая масса кукурузы в опытах характеризовалась высокими кормовыми качествами. На варианте, предусматривающем увлажнение дифференцированного слоя почвы 0,5 и 0,8 м при максимальном уровне минерального питания все показатели, характеризующие качество корма, имели максимальные значения. Урожайность зеленой массы кукурузы составила 96,7 т/га, сухой - 25,0 т/га; средняя масса одного растения достигла 0,893 кг, количество початков - 1,33; содержание кормовых единиц - 0,91 кг на 1 кг сухого вещества; содержание перевариваемого протеина - 76,5 г на 1 кг кормовых единиц; содержание сырого протеина - 128,7 г на 1 кг сухого вещества.

В орошаемом земледелии Волгоградской области огромное значение для плодородия зональных степных почв имеют их агрофизические свойства и режимы, оптимизация которых является важнейшим условием повышения плодородия и эффективного проведения оросительных мелиораций.

В орошаемых условиях решение проблемы оптимизации воднофизических свойств определяют главным образом механические обработки почв.

Впервые для маломощных южных черноземов и светло-каштановых почв Волгоградской области была разработана новая система обработки почвы по схеме - двухслойное разуплотнение 0-60 см слоя почвы плоскорезом-глуборыхлителем – последующая вспашка дисковым плугом на глубину 25-27 см – дисковая предпосевная обработка пашни, способствующая достижению высокой продуктивности звеньев зернокармликового севооборота, улучшения плодородия и эколого-мелиоративного состояния орошаемых почв. Сочетание умеренного режима орошения и новой технологии обработки почвы на фоне улучшения плодородия и экологического состояния обеспечивает стабильное повышение продуктивности культур: на южном черноземе от 6,7 до 16,8%, на светло-каштановой почве соответственно от 4,3 до 14,7%. Разуплотнение почвы с последующей дисковой вспашкой практически ликвидирует сток поливной воды. Вследствие незначительного объема поверхностного стока на варианте с дисковой вспашкой процессы ирригационной эрозии не возникали.

В посевах ячменя с подсевом люцерны на вариантах отвальная вспашка + предпосевная культивация количество сорняков составляло однолетников 25,3, а многолетников 3,5 шт/м<sup>2</sup>. После дисковой вспашки засоренность ячменя по сравнению с отвальной вспашкой снизилась в среднем на 25%.

В республиках Средней Азии по-прежнему поверхностные поливы являются преобладающими, а основной культурой является хлопчатник. Исследование проводили в Дашховузской области Туркменского Приаралья вместе с аспирантом Реджеповым М.Б. Опыты проводили со средневолокнистым хлопчатником симподиального типа ветвления сорта «149-Ф» и предусматривали проведение поливов по бороздам.

Для изучения оптимальных сроков и схем поливов хлопчатника полевые опыты предусматривали следующие варианты:

Вариант 1. Схема полива по фазам развития:

- до цветения - один полив с нормой - 700 м<sup>3</sup>/га;
- цветения-плодообразования - три полива, соответственно 800 м<sup>3</sup>/га, 800 м<sup>3</sup>/га, 700 м<sup>3</sup>/га;
- созревания - полив не проводится.

В настоящее время, эта схема полива применяется хозяйством по рекомендации ТуркменНИИЗ. Поэтому этот вариант принят за контроль.

Вариант 2. Схема полива по фазам развития:

- до цветения - один полив с нормой - 700 м<sup>3</sup>/га;

– цветения-плодообразования - два полива, соответственно 800 м<sup>3</sup>/га, 700 м<sup>3</sup>/га;

– созревания - полив не проводится.

Вариант 3. Схема полива по фазам развития:

- до цветения – один полив с нормой – 700 м<sup>3</sup>/га;

- цветения-плодообразования - три полива, соответственно 800 м<sup>3</sup>/га, 800 м<sup>3</sup>/га, 800 м<sup>3</sup>/га;

- созревание – один полив с нормой – 700 м<sup>3</sup>/га;

Расчетная поливная норма определялась по формуле А.Н. Костякова.

Полевые исследования включали наблюдения за водопотреблением, поливными нормами, фазами развития растений, определение влажности почвы.

Фенологические наблюдения и учет урожая проводились по общепринятым методикам Б.А. Доспехов.

Опытами установлено, что суммарное среднесуточное испарение с хлопкового поля по периодам составляет: до цветения – 6...64 м<sup>3</sup>/га, цветение-плодообразование – 75...108 м<sup>3</sup>/га и созревание – до 60 м<sup>3</sup>/га.

Для условий аридной зоны при определении суммарного водопотребления хлопчатника рекомендуется биоклиматический метод.

Определены региональные биоклиматические коэффициенты, рассчитанные по сумме среднесуточных температур и дефицитов влажности воздуха для хлопчатника, что позволяет оперативно вести корректировку поливного режима в период вегетации.

Расчет энергетической эффективности показал, что при поливном режиме хлопчатника со схемой полива 1-2-0 повышается эффективность на 20,8-29,8%. Отмечено снижение энергозатрат на единицу продукции.

Орошение земель в Республике Беларусь начало применяться сравнительно недавно. Однако научного обоснования оросительных мелиораций с учетом почвенно-климатических и организационно-экономических условий Республики Беларусь просто не существовало. Механический же перенос опыта и параметров орошения сельскохозяйственных угодий из южных регионов не правомочен. В этом плане разработка и внедрение основополагающих принципов применения оросительных мелиораций на минеральных почвах с учетом ресурсосбережения и экологических требований весьма актуальны.

При формировании режима орошения в эксплуатационных условиях рекомендуется система оперативного управления поливами, основанная на анализе текущей и прогнозной метеорологической информации. Применение ее способа полива дождеванием, предусматривающего выдачу дифференцированных поливных норм, позволит сэкономить водные ресурсы до 15% и исключить затраты ручного труда.

При обосновании параметров проектного режима орошения сельскохозяйственных угодий предлагается использовать биоклиматический метод расчета.

Длительность расчетного ряда для выводов и обобщений должна быть равна не менее 40 лет.

В статье не приводятся сведения об исследованиях по капельному орошению. Эти данные опубликованы нами в научных журналах. В зависимости от почвенно-климатических и рельефных условий все способы полива применимы, а выбор способа полива и режима орошения для конкретных культур выбирается в результате технико-экономических расчетов с учетом обязательного соблюдения экологических требований.

УДК 631.6

## **СОЗДАНИЕ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ЛАНДШАФТОВ**

**К.В. Губер**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Одной из ключевых проблем в орошаемом земледелии с точки зрения ресурсосбережения является рациональное размещение способов орошения, оросительных систем и поливной техники в соответствии с природно-хозяйственными условиями различных регионов.

Выбор способов орошения зависит от ряда условий: климатических, почвенных, геоморфологических, гидрогеологических, биологических, хозяйственных, водохозяйственных, экологических, экономических.

В основу разработки технических решений по конструкциям ГМС применительно к различным типам агроландшафтов положены такие таксономические единицы как ландшафтный район и тип местности. В зависимости от рельефа, почвообразующих пород, климата, почвенного и растительного покрова и других геоморфологических особенностей выделяют ландшафтные районы, приуроченные к определенному типу природного географического комплекса, где возможно применение различных агротехнических и мелиоративных мероприятий, типов оросительных и дренажных систем, способов водоподачи. Для условий Российской Федерации оросительные системы размещаются в основном в трех типах ландшафтных районов (предгорных, долинных, водораздельных равнин и плато).

Каждый ландшафтный район включает типы местности – территориальные участки, отличающиеся положением по отношению к главным речным долинам и водоразделам, и являются основной единицей таксономии, в пределах которой осуществляется выбор способа орошения, поливной техники, типов оросительных систем и конструкций оросительной сети. Здесь размещены внутрихозяйственные системы.

При районировании по типам местности участки выделяются с учетом геоморфологических, гидрогеологических, почвенных условий. В пределах южно-таежной, лиственно-лесной, лесостепной, степной, полупустынной почвенно-биоклиматических областей выделяют следующие типы местности: пойменный, надпойменно-террасовый, плакорный, междуречный недренированный, останцово-водораздельный, приречный, низкогорный, в пределах пустынной области – низкие и высокие террасы, дельты сухие и приморские, конусы выноса, аллювиальные равнины, склоны и т.д.

Ландшафтный район определяет тип оросительной системы по условиям водозабора – самотечный или с механическим водоподъемом, командование над орошаемой площадью и другие показатели. По геоморфологическим признакам выделяется 8 типов оросительных систем. Для Европейской территории системы на конусах выноса и предгорных долин характерны для предгорных районов Северного Кавказа. Остальные схемы применяются на территориях, примыкающих ко всем равнинным рекам. Выбор той или иной конструкции определяется в основном высотой водоподдачи от водисточника на орошаемую площадь.

Тип местности является основной таксономической единицей при размещении различных типов оросительной техники и оросительной сети. С точки зрения согласования применения оросительной техники и сети и типов местности из всех их характеристик важнейшим является предельный уклон местности. Для каждого типа местности необходимо разработать типовые технические решения при разных способах орошения по конструкциям гидромелиоративных систем, включая схемы систем, состав сооружений и наиболее рациональные типы оросительной техники применительно к различным видам севооборотов и возделываемым культурам. В типовых схемах должны быть также учтены такие показатели типов местности как уклоны поверхности, длина склонов и возможная площадь орошаемого массива. В соответствии с этими положениями должна быть установлена мощность систем и параметры входящих в систему элементов, учитывая также различные формы хозяйствования и площади орошаемых массивов. Исходя из технических условий применения различных типов оросительной техники и Федеральных регистров базовых и зональных технологий и технических средств для мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России до 2010 г. разработаны таблицы размещения оросительной техники по их видам (39 типов) в т.ч. дождевальной техники (15 типов), поливной техники, полосы, чеки (8 типов), систем капельного орошения (6 типов), систем внутрпочвенного орошения (6 типов), мелкодисперсного дождевания (4 типа).

В таблице 1 приведено размещение оросительной техники по типам местности и предельным уклонам при ее применении. Каждому типу оросительной

техники присвоен соответствующий индекс, который используется в дальнейшем.

ТАБЛИЦА 1 РАЗМЕЩЕНИЕ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

СПОСОБ ОРОШЕНИЯ	№ п/п	Оросительная техника	Тип местности								
			ПРИРЕЧНЫЙ - 1 НИЗКОГОРНЫЙ - 2	ПОЙМЕННЫЙ ДЕЛЬТОВЫЙ	ВЫКЛИНИВАНИЕ ГРУНТОВЫХ ВОД	НАДПОЙМЕННО- ТЕРРАСОВЫЙ	ВЫКЛИНИВАНИЕ ГРУНТОВЫХ ВОД	СКЛОНЫ	ПЛАКОРНЫЙ	МЕЖДУРЕЧНЫЙ НЕДРЕНИРОВАННЫЙ	ОСТАНЦОВО- ВОДОРАЗДЕЛЬ- НЫЙ
			Уклоны поверхности земли								
			1 - 0,02...0,07 2 - 0,09...0,2	До 0,003	0,003...0,005	0,005...0,02 (0,01)	0,001...0,01	0,001...0,004	0,4...0,6		
ДОЖДЕВАНИЕ	1	Фрегат - ДМУА									
	2	Фрегат - ДМУБ									
	3	Кубань - ЛК									
	4	Мини-Фрегат - К Мини-Кубань - К									
	5	Кубань - Л									
	6	Кубань - ФШ Кубань - ЛШ Фрегат - ФШ									
	7	Ладога									
	8	Волжанка ДКН - 80 ДКГ - 80									
	9	ДДА									
	10	ДДН									
	11	ШД -25/300									
	12	КИ ДП - 26									
	13	КСИД									
	14	Агрос									
	15	Стационарные системы									
ПОВЕРХНОСТНОЕ	16	Передвижные колесные трубопроводы									
	17	Поливные шланговые машины									
	18	Поливные передвижные агрегаты									
	19	Автоматические шланговые устройства									
	20	Поливные двухконсольные машины									
	21	Закрытые перфорированные трубопроводы									
	22	Стационарные автоматы - зи- риванные системы									
	23	Поливные лотки									
КАПЕЛЬНОЕ	24	С мембранным регулятором									
	25	Без регулятора									
	26	Со спиральными водовыпусками									
	27	С мембранным водовыпуском									
	28	Низконапорная система									
29	Микродождевание										
ВНУТРИПОВЕРХНОЕ	30	Стационарные из полиэтиленовых труб									
	31	Стационарные из микропористых трубок									
	32	Стационарно-сезонные с креплением кротовых увлажнителей									
	33	Сезонные с кротовыми увлажнителями									
	34	Стационарные системы с очаговыми перфорированными увлажнителями									
	35	Системы с смонтированными ка- пельницами									
МЕЖДОМЕРНОЕ ДОЖДЕВАНИЕ	36	На базе агрегатов ДДА									
	37	На базе "Мини-Фрегат-К" "Мини-Кубань-К"									
	38	Стационарные системы									
	39	Опрыскиватели ОП									



Таблица 2 - Размещение оросительной сети и поливной техники по типам местности

Тип местности			Тип оросительной сети		Пре-дельный уклон сети	Поливная техника при разных способах орошения						
Ин-декс	Наиме-нование	Уклон мест-ности				I Дождевание	II Поверхно-стное	III Капель-ное	IV Внутри-почвен-ное	V Мелко-дисперс-ное дож-девание		
А	При-речный	0,02-0,07	Закрытая	D	С машинным водоподъемом	0,07	4, 11, 12, 13, 14*,15	19*,22*	24, 25*, 26, 27, 29*	-	37, 38, 39	
				E	Самотечно-напорная	≥0,003	10, 11	22*	28	34, 35	39	
Б	Пой-менный, дельто-вый	≤0,003	Открытая	A	В земляном русле	0,004	9, 10	17, 18, 20*	-	-	36, 39	
				B	Бетонированные каналы	≤0,008	5	17, 18	-	-	39	
				C	Лотковые каналы	≤0,003	-	17, 18, 23	-	-	39	
			Закрытая	D	С машинным водоподъемом	0,003	1-4, 6-8, 10-15	16, 19	24, 25, 26, 27, 29	30-33	37, 39	
				Комби-нирован-ная	F	ХР-РТ-ОТ	0,003	1-4, 6-8, 10-15	16, 21*	24-29	30-33	37, 39
					G	ХР-РТ-ОО	≤0,004	9, 10	17, 18, 20*	-	-	36, 39
					H	ХР-РТ-ГТ	0,003	9**, 10**	17, 18	-	-	36, 39
В	Надпой-менно-терра-совый	0,003-0,006	Открытая	A	В земляном русле	≤0,004	9*, 10*	17, 18, 20	-	-	36*, 39	
				B	Бетонированные каналы	≤0,008	-	17, 18	-	-	39	
			Закрытая	D	С машинным водоподъемом	0,005	1-4, 6-8, 10-15	16, 19, 21, 22*	24, 25, 26, 27, 29	30, 31	37, 39	
				E	Самотечно-напорная	≥0,003	10, 15	21, 22*	28	30, 31	39	
			Комби-нирован-ная	F	ХР-РТ-ОТ	0,005	1-4, 6-8, 10-15	16, 21, 22*	24-29	30, 31	37, 39	
				G	ХР-РТ-ОО	≤0,004	9, 10	17, 18, 20	-	-	36, 39	
				H	ХР-РТ-ГТ	0,005	9**, 10**	17, 18	-	-	39	
Г	Скло-новый	0,005-0,02	Закрытая	D	С машинным водоподъемом	0,02	1-4, 6-8, 10-15	16, 19, 21, 22*	24, 25, 26, 27, 29	30, 31	37, 39	

				Е	Самотечно-напорная	$\geq 0,003$	10, 15	15, 21*, 22	28	31	39
			Комбинированная	Ф	ХР-РТ-ОТ	0,02	1-4, 6-8, 10-15	16, 21*, 22	24-29	31	37, 39
				Н	ХР-РТ-ГТ	0,02	9**, 10**	17*, 18*	-	-	39
Д	Платорный	0,001-0,01	Открытая	А	В земляном русле	$\leq 0,004$	9*, 10*	17*, 18*, 20	-	-	36*, 39
				В	Бетонированные каналы	$\leq 0,008$	5	17*, 18*	-	-	39
				С	Лотковые каналы	$\leq 0,003$	-	17*, 18*, 23	-	-	39
			Закрытая	Д	С машинным водоподъемом	0,01	1-4, 6-8, 10-15	16, 19, 21*, 22*	24, 25, 26, 27, 29	30-33	37, 39
				Е	Самотечно-напорная	$\geq 0,003$	10, 15	21*, 22*	28	30-33	39
			Комбинированная	Ф	ХР-РТ-ОТ	0,01	1-4, 6-8, 10-15	16, 21*, 22*	24-29	30-33	37, 39
				Г	ХР-РТ-ОО	$\leq 0,004$	9, 10	17*, 18*, 20*	-	-	36, 39
				Н	ХР-РТ-ГТ	0,01	9**, 10**	17, 18*	-	-	39
Е	Междуречный недренированный	0,001-0,004	Открытая	А	В земляном русле	$\leq 0,004$	9, 10	17*, 18*, 20*	-	-	39
				В	Бетонированные каналы	$\leq 0,008$	5	17*, 18*	-	-	39
				С	Лотковые каналы	$\leq 0,003$	-	17*, 18*, 23	-	-	39
			Закрытая	Д	С машинным водоподъемом	$\geq 0,003$	1-4, 6-8, 10-15	16, 19, 21*	24, 25, 26, 27, 29	30-33	37, 39
				Е	Самотечно-напорная	$\geq 0,003$	10-15	21*	28	30-33	39
			Комбинированная	Ф	ХР-РТ-ОТ	0,004	1-4, 6-8, 10-15	16, 21*	24-29	30-33	37, 39
				Г	ХР-РТ-ОО	$\leq 0,004$	9, 10	17*, 18*, 20*	-	-	36, 39
				Н	ХР-РТ-ГТ	0,004	9**, 10**	17, 18*	-	-	39
Ж	Низкогорный	0,09-0,2	Закрытая	Д	С машинным водоподъемом	0,2	13, 15	-	27, 28, 29	-	38, 39
				Е	Самотечно-напорная	0,2	13, 15	-	27, 28, 29	-	38, 39

Примечание: \* - ограничения по уклону местности; \*\* - питание машин типа ДДА и ДДН от гибкого трубопровода.

По конструктивным решениями количество типовых схем составляет порядка 30. вся поливная техника по ее типам насчитывает 39 единиц, которые исходя их технологических схем их работы объединяются в поливные модули, которые распределены следующим образом: дождевание—6 типов; поверхностное орошение—8 типов; капельное орошение—3 типа; внутрпочвенное—4 типа; мелкодисперсное дождевание –3 типа. Для каждого модуля разрабатываются типовые схемы оросительной сети с различным числом полей при минимальных их материал- и энергоемкости и применимости к различным типам местности. Типовые технические решения отличаются составом и типом оросительной сети и поливной техники, сооружениями на сети, наличием дренажной, водосборно-сбросной и ограждающей сетей, конфигурацией и размещением сети в плане.

Исходя из условий применения оросительной сети по предельным уклонам разработана схема, включающая восемь вариантов, в том числе 3 варианта открытой сети: в земляном русле, бетонированные каналы, лотковые каналы; 2 варианта закрытой сети: с машинным водоподъемом, самотечно-напорные; 3 варианта комбинированной сети: хозяйственный распределитель открытый – оросительный трубопровод; хозяйственный распределитель открытый – распределительный трубопровод – открытый ороситель; хозяйственный распределитель открытый – распределительный трубопровод – гибкий трубопровод.

В соответствии с условиями применения оросительной техники и оросительной сети составлена таблица 2 по их размещению на различных типах местности. Использование данных этой таблицы позволяют проектировать типовые технические решения по конструкциям внутрихозяйственных оросительных систем при различных способах орошения.

УДК 631.62

## **ОЦЕНКА РАБОТЫ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**К.В. Губер, Е.В. Шенцева**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В последние годы в мелиоративную практику ряда южных районов страны широко внедряется капельное орошение овощных культур и многолетних насаждений. В условиях Волгоградской области с 1998 года построено больше 2,5 тыс. га таких систем. Опыт использования систем капельного орошения пока-

зывает, что сроки их эксплуатации требуют новых научно-методических и технологических обоснований с учетом современных требований.

Для выполнения исследований по оценке надежности работы элементов систем капельного орошения, нами в качестве основных выбраны два участка, оборудованные системами «Нетафим» и ОАО «Ортех» в фермерском хозяйстве «Садко» Дубовского района Волгоградской области. Кроме того, с 2005 года нами проводятся наблюдения за работой систем капельного орошения в Ленинском районе (50 га), Среднеахтубинском районе (36 га), Городищенском районе (30 га), Суровикинском районе (3га). Для оценки фактической работоспособности капельниц и капельных линий отобраны их образцы, оборудована установка для проведения испытаний.

Оценку надежности сложной системы, к которым относятся и системы капельного орошения, следует проводить как для системы в целом, так и по составляющим систему элементам. С этой целью систему следует условно разделить на группу элементов с таким расчетом, чтобы количество возможных отказов внутри каждой группы было минимальным.

Для систем капельного орошения такими группами являются: водозаборные сооружения на открытых водоемах; фильтр; система очистки фильтра; напорная сеть; транспортирующая сеть; капельницы; здания и вспомогательные сооружения.

Система капельного орошения - это сложный комплекс технических средств и инженерных сооружений, различных по своим конструктивным особенностям и выполняемым задачам. Одним из недостатков большинства существующих методик оценки надежности является то, что не учитывается данный аспект и предлагается рассматривать систему как совокупность равнозначных элементов.

Выбор показателей надежности элементов оросительных систем, к которым, несомненно, относятся системы капельного орошения, зависит от конструктивных особенностей рассматриваемых элементов.

Важными показателями надежности являются  $K_2$  - коэффициент оперативной готовности и  $T_p$  - ресурс. Коэффициент готовности - вероятность того, что система будет работоспособна в произвольно выбранный период времени в промежутках между выполнением планового технического обслуживания и определяется в общем случае по формуле:

$$K_2 = \frac{T}{T + T_0}, \quad (1)$$

где  $T$  - время производительной работы системы;  $T_g$  - время восстановления системы.

На наш взгляд, двух выбранных показателей недостаточно для всесторонней оценки надежности оросительной системы.

Во-первых, для определения  $K_z$  - необходимо знать наработку на отказ  $T$ , т.е. время между двумя последовательными отказами, и  $T_g$  - среднее время восстановления систем, т.е. среднее время вынужденного нерегламентированного простоя, вызванного отысканием и устранением одного отказа.

Во-вторых, следует ввести в номенклатуру показателей коэффициент технического использования  $K_{mч}$  - комплексный показатель, характеризующий одновременно безотказность и ремонтпригодность системы. Названные показатели определяются по приведенным ниже формулам.

1. Нарботка на отказ:

$$T = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N t_i, \quad (2)$$

где  $m$  - число отказов;  $N$  - число систем, за которыми ведется наблюдение;  $t_i$  -наработка на отказ  $i$ -той системы.

2. Среднее время восстановления:

$$T_d = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N t_i, \quad (3)$$

где  $t_i$  - среднее время восстановления  $i$  - того отказа.

3. Коэффициент технического использования:

$$K_z = \frac{t_{сум}}{t_{сум} + t_{рем} + t_{обсл}}, \quad (4)$$

где  $t_{сум}$  - суммарная продолжительность производительной работы за период наблюдения;  $t_{рем}$ ,  $t_{обсл}$  - время, затраченное на ремонт и техническое обслуживание, соответственно.

Таким образом, для оценки надежности сложных технических элементов системы капельного орошения, были выбраны следующие показатели:

1. Коэффициент готовности  $K_z$  - комплексный показатель.
2. Коэффициент технического использования  $K_z$  - комплексный показатель.
3. Нарботка на отказ  $T$  - показатель безотказности.
4. Среднее время восстановления  $T_g$  - показатель ремонтпригодности.
5. Ресурс (гамма-процентный)  $t_j$  - показатель долговечности.

Для характеристики безотказности, ремонтпригодности и долговечности оборудования и отдельных элементов следует использовать показатели, ранее выбранные для оросительных систем в целом:

1. Коэффициент готовности оборудования и отдельных элементов.

$$K_g = \frac{T'}{T' + T'_e}, \quad (5)$$

где  $T'$  - время производительной работы оборудования и отдельных элементов;  $T'_e$  - среднее время восстановления оборудования и отдельных элементов.

2. Коэффициент технического использования оборудования и отдельных элементов:

$$K_T = \frac{t'_{\text{сум}}}{t'_{\text{сум}} + t'_{\text{рем}} + t'_{\text{обсл}}}, \quad (6)$$

где  $t'_{\text{сум}}$  - суммарная продолжительность производительности работы оборудования и отдельных элементов.

3. Нарботка на отказ оборудования и отдельных элементов:

$$T' = \frac{1}{m'} \sum_{i=1}^{N'} t'_i, \quad (7)$$

где  $m'$  - число отказов оборудования и отдельных элементов;  $T'$  - наработка на отказ  $I$  - той единицы оборудования и отдельных элементов;  $N'$  - число наблюдаемых единиц оборудования и отдельных элементов.

4. Среднее время восстановления оборудования и отдельных элементов:

$$T'_e = \frac{1}{m'} \sum_{i=1}^{m'} t'_i, \quad (8)$$

где  $m'$  - число отказов оборудования и отдельных элементов;  $t'_i$  - среднее время восстановления  $i$  - той единицы оборудования и отдельных элементов.

Параметр потока отказов представляет собой среднее количество отказов элемента в единицу времени:

$$w'' = \frac{m_j}{m_j \Delta t} \quad (9)$$

где  $m_j$  - число элементов, отказавших за время  $\Delta t$ ;

$M$  - число элементов, оставшихся работоспособными к началу момента  $\Delta t$ ;

$\Delta t$  - период, в пределах которого возможно появление отказа элемента.

Ремонтпригодность восстанавливаемого элемента характеризуется средним временем восстановления:

$$T''_e = \frac{1}{m''} \sum t''_{ei}, \quad (10)$$

где  $m''$  - число отказов элемента;  $t''_{ei}$  - время отыскания и восстановления I-го отказа.

В период испытаний и эксплуатации систем капельного орошения расчеты надежности проводят для оценки количественных показателей, как отдельных элементов, так и системы в целом. Одним из показателей надежности является интенсивность отказов. В общем случае этот показатель определяется по формуле:

$$I = \frac{m_j}{M_j \cdot \Delta t}, \quad (11)$$

где  $m_j$  - число элементов, отказавших за время  $\Delta t$ ;  $M_j$  - число элементов, оставшихся работоспособными к началу момента  $\Delta t$ ;  $\Delta t$  - период, в пределах которого может возникнуть отказ элемента;

Рассмотренные показатели надежности могут быть применены и к сложным техническим элементам, которые характеризуются сравнительно небольшим сроком службы и сложной конструкцией (фильтры, капельницы и т.д.).

УДК 631.674

## **ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ УЧАСТКОВ СИСТЕМ МАЛООБЪЕМНОГО ОРОШЕНИЯ**

**В.К. Губин, М.Ю. Храбров, Н.Г. Колесова**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

К малообъемным системам орошения относятся способы подачи воды непосредственно в зону распространения поглощающих корней растений, обеспечивающее поддержание влажности почвы в оптимальных пределах в течение всего вегетационного периода. К этим способам относятся капельное орошение, подкрановое дождевание, а также разновидность капельного орошения – низконапорное капельное орошение.

Единый подход к режиму работы систем малообъемного орошения позволяет положить в основу создания оросительных систем малообъемного орошения единый принцип блочно-модульного их формирования на базе единой водораспределительной сети.

Под капельное и подкрановое дождевание следует использовать участки площадью 20...30 га с длиной склона (по наибольшему уклону) 300...400 м и шириной (по горизонтали местности) - 400...600 м. Системы микроорошения целесообразно устраивать из модулей площадью 1...5 га (табл. 1), подвешенных к участковому трубопроводу. По границам блоков прокладывают поперечные и

продольные дороги шириной 4...11 м для вывозки урожая, проезда техники. По минимальному уклону длину модулей и размещение дорог назначают из условия удобства выноса урожая через каждые 100м с таким расчетом, чтобы длина прохода сборщика по рядам составляла не более 50...60 м.

Таблица 1 - Размеры участка одновременного полива

Показатели	Уклоны местности на участке				
	0,00	до 0,05	0,05- 0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
Длина модуля, по наибольшему уклону, м	300-400	300	200-300	125-200	75-125
Площадь участка одновременного полива, га	5,0-6,0	3,0	2,0-3,0	1,25-2,0	0,75-1,25

Типовой модуль системы малообъемного орошения состоит из головного сооружения, системы распределительных и поливных трубопроводов с капельными водовыпусками. Головное сооружение включает узел очистки воды (в зависимости от требований водовыпуска используются песчаные или сетчатые фильтры, оборудованные системой автоматической промывки), узел подготовки и подачи агрохимикатов (в соответствии с решаемой задачей используются насосы-дозаторы, гидроподкормщики, и др. специальное оборудование), блок управления системой, включающий датчики влажности почвы и механизм включения и выключения приводов. Управление приводом запорно-регулирующей арматуры может производиться также по команде таймера, работающего по заданной программе.

Из распределительного трубопровода вода подается на весь модульный участок. Распределительные и участковые трубопроводы выполняют, как правило, телескопическими по длине и укладывают на глубину 0,7...1,0 м от поверхности земли. Разработанные схемы распределительной сети позволило разработать рациональные комплекты оборудования и арматуры для модульных участков.

К распределительным трубопроводам подключают участковые, уложенные по наибольшему уклону. К участковому трубопроводу подсоединяют, в зависимости от схемы посадки культур, поливные трубопроводы диаметром 16...25 мм с водовыпусками.

Для орошения склоновых земель применяются различные конструкции водовыпусков. При изрезанном рельефе (резкое изменение напора в сети) обычно применяются водовыпуски, поддерживающие постоянный расход вне зависимости от давления в сети, которое может варьировать от 0,05 до 0,6 МПа.

Для полива виноградников, пальметных садов поливные трубопроводы могут размещаться на поверхности почвы или их прикрепляют к нижней шпалер-



ной проволоке на высоте 0,3...0,5 м от поверхности земли. Водовыпуски устанавливаются на расстоянии порядка 0,5...0,6 м от ствола растения. Для садовых культур (яблони, груши, персик и т.д.) имеется несколько вариантов схем размещения водовыпусков. Наиболее рациональной является схема, при которой в створе деревьев укладывается поливной трубопровод, имеющими 4 водовыпуска или один подкроновый дождеватель. Капельницы располагаются у ствола дерева, а водовыпуски от этой капельницы укладываются по контуру распространения корневой системы растений. При другом варианте поливной трубопровод, на котором устанавливаются 4 и более водовыпусков, укладывают вокруг ствола кольцом диаметром до 1,5 м. Предлагается также схема полива, при которой два поливных трубопровода укладываются параллельно с обеих сторон ствола на расстоянии 0,5...0,7 м от него. На этих трубопроводах устанавливаются капельницы в количестве 4...6 шт. Такой вариант целесообразно применять на легких почвах, где контур увлажнения от одного водовыпуска имеет весьма ограниченные размеры и для увлажнения всей зоны распространения корневой системы требуется несколько водовыпусков.

Поливные блоки (модули) разработаны применительно к кварталам карликовых и полукарликовых садов. Для Нижнего Поволжья размеры кварталов приняты соответственно для карликовых садов - 3.0га и полукарликовых – 5,4га. Схема посадки деревьев 3.0×4.5 м.

Орошение осуществляется с помощью дождевателей, размещаемых на расстоянии 0,5...0,6 м от ствола.

### **1. Блок – модуль орошения карликовых садов (3га)**

Длина поливного трубопровода равна 75м. На одном поливном трубопроводе устанавливается 26 подкроновых дождевателей. Расход воды в голове:

$$q = 0.04 \times 26 = 1,04 \text{ л/с.}$$

Полливной трубопровод выполнен по всей длине диаметром  $d = 63\text{мм}$ .

К одному распределительному трубопроводу присоединяется 90 поливных трубопроводов. Таким образом, общий расход в голове распределителя составляет:

$$q = 1,04 \times 90 = 94,5 \text{ л/с.}$$

По таблицам Шевелева Ф.А. и Шевелева А.Ф. ему соответствует диаметр трубопровода  $d=400 \text{ мм}$ . Распределительный трубопровод имеет длину 200 м (табл.2).

### **2. Блок – модуль орошения карликовых садов (5.4га)**

Длина поливного трубопровода 90м. На одном поливном трубопроводе устанавливается 30 подкроновых дождевателей.

Расход воды в голове оросителя:

$$q = 0,04 \times 30 = 1,2 \text{ л/с.}$$

Полливной трубопровод выполнен по всей длине диаметром  $d=63\text{мм}$ .

Распределительный трубопровод имеет длину 300 м (табл.2).

К распределительному трубопроводу подсоединяется 136 поливных трубопроводов.

Таблица 2 - Схема телескопического распределительного трубопровода

Участки	Культура			
	Карликовые сады		Полукарликовые сады	
	dмм	L м	dмм	L м
1-2	400	100	400	100
2-3	300	100	350	100
3-4	-	-	300	100

Общий расход воды в голове распределительного трубопровода составляет 163,2 л/с. По таблицам Шевелева ему соответствует диаметр трубопровода  $d=400$  мм.

#### ***Конструкция низконапорной системы капельного орошения***

Главным недостатком капельного орошения являются высокие требования к качеству очистки оросительной воды, степени её минерализации. Эти недостатки отсутствуют у разработанной во ВНИИГиМ низконапорной системы капельного орошения.

Наиболее эффективен этот способ для орошения садовых и кустарниковых культур на землях с уклоном местности в пределах 0,05...0,2. В низконапорной системе капельного орошения воду в поливные трубопроводы подают в безнапорном режиме. А напор, обеспечивающий работу капельниц, создается за счет высоты капельницы.

Низконапорные водовыпуски выполняют в виде подвесных емкостей с выпускным отверстием в её дне. Высота такого водовыпуска 6 – 10 см, а размеры выпускного отверстия для подачи расхода воды 8 л/ч составляют 1,5 – 3 мм.

При орошении из низконапорных капельниц содержание взвешенных веществ в поливной воде не должно превышать 250...500 мг/л при крупности взвешенных частиц не более 0,5мм.

Такие параметры капельниц обеспечивают орошение водой без тонкой очистки, обязательной в напорных системах капельного орошения.

Для полива садовых культур с разреженной посадкой разработана конструкция низконапорной капельницы, снабженная группой водовыпускных патрубков (патент №2075287), которая обеспечивает подачу воды одновременно к нескольким точкам полива с индивидуальной регулировкой расхода воды из каждого патрубка в соответствии с заданным режимом водоподачи

Длина патрубков определяется схемой посадки орошаемых растений. Расход воды из патрубка регулируется изменением высоты столба над его входом.

### ***Конструкция системы для подкоронового и мелкодисперсного дождевания***

При орошении на легких почвах или для увлажнения корневой системы плодового дерева более рационально использовать подкороновое дождевание.

Мелкодисперсное дождевание является дополнительным орошением, обеспечивающим значительное повышение урожая сельскохозяйственных культур за счёт регулирования микроклимата посевов, а в условиях юга страны, позволяющим спасти урожай от засухи.

При мелкодисперсном орошении капли воды размером от 100 до 500 мк оседают на поверхности листьев растений без стекания и, испаряясь, понижают температуру листьев на 3-5<sup>0</sup> С.

Понижение температуры листьев и повышение влажности воздуха существенно снижают температурный стресс и обеспечивают повышение урожайности. Однако, для поддержания влажности почвы на оптимальном уровне необходимо проведение полива другими способами, например, дождеванием. Поэтому для орошения растений мелкодисперсным дождеванием требуется устройство двух оросительных сетей: для полива дождеванием и для мелкодисперсного орошения. Во ВНИИГиМ была разработана конструкция микрождевателя, которая позволяет при наличии одной оросительной сети переключаться с режима дождевания на режим мелкодисперсного орошения (патент РФ № 2189733).

#### **Литература**

1. Патент №2075287. Низконапорная капельница. Губин В.К., Канардов В.И., Храбров М.Ю., Шумаков Б.Б., Борисов В.П. Б.И. № 8, 1997г.
2. Патент РФ №2200561. Низконапорная капельница. Губин В.К., Канардов В.И., Храбров М.Ю. и др. БИ.№1, 2004.
3. Патент РФ № 2189733. Дождеватель Губин В.К., Губер К.В. , Храбров М.Ю. и др. БИ.№27. 2002 г.

УДК 631.6

### **О ВОССТАНОВЛЕНИИ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЙ НА ДЕЙСТВУЮЩИХ ОБЪЕКТАХ МЕЛИОРАЦИИ, ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА, ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Е.П. Гусенков**

ЗАО ИНПЦ «Союзводпроект», Москва, Россия

13-14 марта 2007 г. в РАСХН рассмотрены проблемы реализации национального приоритетного проекта «Развитие АПК» и поручения Президента России В.В. Путина от 7 июля 2006 г. №ПР-1140 по развитию мелиорации зе-

мель и повышению эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений.

Национальным проектом «Развитие АПК» предусмотрено строительство новых, реконструкция и совершенствование существующих животноводческих комплексов, оснащение их современным технологическим оборудованием, использования высокоудойных /6-7 тыс. кг/год молока/ отечественных и зарубежных пород крупного рогатого скота.

Начатое осуществление этого важнейшего национального проекта столкнулось с рядом непредвиденных трудностей.

Следует иметь в виду, что в советский период большинство республик и областей строго придерживалось действующим нормативам и стандартам при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации. В итоге в Белоруссии, Прибалтийских республиках, в Ленинградской области, Западной и Восточной Сибири во многих случаях была получена проектная продукция в полном объеме и через определенный период капитальные затраты окупались на 10-й год эксплуатации.

Во многих областях Европейской части России, которые ранее славились производством высококачественных сыров, сливочного масла и мясомолочной продукции - в Вологодской, Ярославской, Ивановской, Костромской, Нижегородской и других аналогичных областях - из-за изменения направления их деятельности в сторону индустриализации экономики была потеряна культура земледелия мясомолочного направления, что привело к существенному изменению природных условий, чрезвычайно важных для развития животноводства. Именно поэтому в советский период ничего положительного не получилось при создании животноводческих комплексов в этих регионах.

Что нужно делать теперь, чтобы средства, выделенные на реализацию национального приоритетного проекта «Развитие АПК» в части строительства новых, реконструкции, совершенствования существующих животноводческих комплексов?

1. Разработать для каждого субъекта Федерации, для которого намечено осуществление нового строительства, реконструкция и совершенствование существующих животноводческих комплексов, за счет финансирования из выделенных средств, пакетов нормативно - технических и экономических документов для осуществления проектирования и изысканий, строительства и реконструкции, эксплуатации объектов с учетом обеспечения решения вопросов кормопроизводства, питьевого и технического водоснабжения, переработки и утилизации стоков, переработки продукции, а также создания жилого фонда для работников эксплуатационных организаций.

2. Составление за счет средств национального проекта обосновывающих предпроектных материалов, обеспечивающих выбор размещения первоочередных объектов животноводческих комплексов с учетом требований нормативов

и стандартов для каждого субъекта Федерации и наличия квалифицированных кадров проектировщиков, изыскателей, строителей, эксплуатационников с организацией централизованной их подготовки и переподготовки на специальных государственных курсах, и в вузах сельскохозяйственного, строительного и мелиоративного профиля.

3. Необходимо переработать Законодательные Акты РФ с ужесточением положения, что без решения правительства собственники не имеют право репрофилировать деятельность сельскохозяйственного предприятия на территории субъектов федерации и в первую очередь тех из них, на развитие которых затрачены средства по линии национальных приоритетных проектов.

4. Необходимо иметь ввиду, что средства на осуществление национальных приоритетных проектов по молочно-животноводческим комплексам начнут давать реальную отдачу в виде продукции только после ввода их в эксплуатацию, то есть не ранее четырех лет после начала их осуществления и начала производственной эксплуатации всех объектов, входящих в животноводческий комплекс, при условии стабильного финансирования всех этапов работ, включая подготовку кадров.

5. Для создания системы нормативно-технических и экономических документов в соответствии с национальной приоритетной Программой АПК по строительству, реконструкции и совершенствованию существующих животноводческих комплексов необходимо использовать исследования ВНИИМЗ РАСХН (директор - академик Николай Георгиевич Ковалев) в области полевого и лугопастбищного кормопроизводства на основе формирования адаптивно-ландшафтных систем и агротехнологий кормопроизводства на мелиорированных землях гумидной зоны.

Н.Г. Ковалевым и его сотрудниками, разработаны в 2001-2006 г.г. апробированные в производственных условиях следующие рекомендации:

- освоение многовариантных адаптивных систем полевого кормопроизводства, предусматривающих: интенсивное использование лучших, более плодородных, с хорошо и удовлетворительно отрегулированным водным режимом пахотных осушаемых земель, в плодосменных и кормовых севооборотах с интенсивными культурами /зерновые, силосные, корнеплоды/ на основе применения современных адаптивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих повышение продуктивности и снижение материально-технических затрат в расчете на единицу сельскохозяйственной продукции; освоение на осушаемых пахотных землях с недостаточно отрегулированным водным режимом зернотравяных, травопольных севооборотов или создание агроценозов из влаголюбивых видов многолетних трав;

- насыщение травопольных кормовых севооборотов многокомпонентными бобово-злаковыми травосмесями с 2-3 кратным отчуждением травостоев, позволяющими получать не только дешевые энергонасыщенные высокопротеино-

вые корма, но и поддерживать на соответствующем уровне плодородие дерново-подзолистых осушаемых почв;

- создание на осушаемых пахотных землях зеленого и сырьевого конвейеров с использованием разнопоспевающих сортов клевера лугового, люцерны и козлятника восточного и одновидовых и смешанных со злаковыми травами посевах в кормовых севооборотах и выводных полях, обеспечивающих устойчивую среднегодовую урожайность на уровне 30-35 т/га и более зеленой массы, бесперебойное поступление кормовой массы в течение всего весенне-летнего периода. При этом особого внимания заслуживает новая бобовая силосная культура – козлятник восточный, обладающий повышенными продуктивным долголетием, урожайностью и выходом кормового белка;

- увеличение площадей долголетних культурных пастбищ, обеспечивающих удешевление летнего рациона животных, повышение рентабельности животноводства, снижение потребности в технике, повышение качества кормов и продуктивной отдачи их, прежде всего, благодаря полной обеспеченности потребности жвачных животных перевариваемым протеином. При этом должна быть гарантирована продуктивность пастбищ в пределах 3-4 тыс. корм. ед. с 1 га без орошения и 5-6 тыс. корм. ед. при орошении;

- освоение систем ведения луговодства, предусматривающих повышение продуктивности мелиорированных сенокосов и пастбищ на основе использования многовариантных агротехнологий коренного и поверхностного улучшения осушаемых луговых угодий, перезалужения выродившихся сеянных лугов, адаптированных к агроэкологическим условиям различных типов природных кормовых угодий и экономическим условиям хозяйств;

- перестройка системы утилизации органических отходов /навоз, помет/ с доведением технологий производства органических удобрений до лучших отечественных и зарубежных аналогов, с внедрением разработанных совместно с Архангельским НИИСХ методических рекомендаций «Технологии производства и использования высокоэффективных биомелирантов»;

- залесение хозяйственно ценными древесными породами /сосна, ель/, выведенных из сельхозоборота осушаемых земель.

6. Считаю, что в местах расположения животноводческих комплексов, необходимо создать устойчивую базу кормопроизводства на весь годовой период кормления мясо - молочного поголовья. В противном случае из-за отсутствия кормов непосредственно в зоне сосредоточения скота он будет уничтожен владельцами ферм.

7. Опыт России показывает, что чем меньше по количеству скота ферма, тем выше ее отдача. Конечно, это противоречит мировому опыту. Но и природные условия России близки только к одному региону мира – Северной Канаде.

В Канаде размер ферм мясо–молочного направления не превышает 0,5 га, а корма для них выпускаются специализированными Фирмами, разбросанными по всей Канаде. Весь остальной мировой опыт не может быть применен для природно-климатических условий Нечерноземной зоны РФ из-за полного различия природно-климатических условий.

8. Размер государственных капитальных вложений по национальной приоритетной Программе «Развитие АПК» в части развития животноводческих комплексов может быть определен только после составления предпроектной документации в различных субъектах Федерации и проведения ее экспертизы независимыми экспертами, чтобы не получилось подобия известной всем программы, подготовленной Минздравсоцразвитием.

По иному надо подойти к решению проблем, возникших по реализации Поручения Президента России В.В. Путина от 7 июля 2006 г. №ПР-1140 по развитию мелиорации земель и повышению эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений.

Ситуация сложилась следующая:

1. Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ до 2003 г. выделяло для научных и проектных организаций средства на разработку нормативно-технических и экономических документов, на основе которых разрабатывалась научно-техническая политика в области мелиорации, сельхозводоснабжения, экологии и повышения плодородия земель. В основном Союзводпроект и Госэкомелиоводом была создана современная система пакетов нормативных документов в области мелиорации под руководством заслуженных мелиораторов РФ М.Г. Рубина и А.А. Никольской, не устаревшая и сегодня.

2. Определенные вопросы решались за счет финансирования работ Министерством природных ресурсов. Однако выделяемых средств на решение текущих задач и, тем более перспективных просто не хватало. Сейчас положение еще более обострилось из-за личной позиции Руководителя Федерального агентства по водным ресурсам Р.З. Хамитова.

Что надо сделать, чтобы в России опять были созданы элементарные условия для развития мелиорации и водного хозяйства?

1. В свое время в России был принят Закон «О мелиорации земель», который в дальнейшем был изменен Государственной Думой, за счет влияния инакомыслящих депутатов Госдумы и партий и настолько обезличен, что требует его отмены и переработки.

Без Нового Закона РФ «О мелиорации земель» и принятия его Государственной Думой Российской Федерации, нет смысла говорить о выполнении поручения Президента РФ В.В. Путина от 7 июля 2006 г. №ПР-1140.

Именно поэтому прежде всего необходимо МСХ России, с поддержкой территориальных органов МСХ России на местах, обеспечить через депутатский корпус принятие Решения о внесении на рассмотрение компетентных ор-

ганов проекта Нового Закона РФ «О мелиорации земель» и обеспечить разработку этого Закона с участием предложений субъектов Федерации.

Подготовка новой редакции Закона РФ «О мелиорации земель» должна быть проведена исключительно за счет средств МСХ России, выделенных на капитальное строительство и на научные исследования.

В новой редакции Закона РФ «О мелиорации земель» необходимо предусмотреть распределение затрат на финансирование реконструкции, ремонта и содержания мелиоративных систем и гидротехнических сооружений на них, по защите сельхозугодий и сельских населенных пунктов от паводков и затоплений, экологической безопасности межхозяйственных магистральных каналов, дамб обвалования, насосных станций, водохранилищ сельскохозяйственного назначения с учетом природоохранного и рекреационного использования для рыболовства, охоты и туризма.

Финансирование этих работ должно осуществляться на возвратной основе за счет Федерального бюджета, бюджетов Министерств сельского хозяйства субъектов Российской Федерации, бюджетов муниципальных образований, внебюджетных источников за счет средств частных владельцев мелиоративных систем, гидротехнических сооружений и водохранилищ.

В Законе необходимо отразить, что гидромелиоративные системы, влияющие на безопасность жизни населения по субъектам Федерации, должны быть переданы государственным предприятиям и учреждениям в постоянное /бессрочное/ пользование и не подлежат приватизации. Перечень таких объектов должен быть утвержден как приложение к Закону «О мелиорации земель» по всем субъектам Российской Федерации.

Необходимо в Законе отметить, что губернатор субъекта Федерации обязан делегировать свои права по мелиорации земель Государственному Представителю МСХ России в области мелиорации в каждом конкретном субъекте РФ.

Особое внимание необходимо уделить недопустимости использования земель в зоне водозаборов питьевого и технического водоснабжения. Необходимо предусмотреть в случаях нарушений большие штрафные санкции с владельцев объектов в зоне водозаборов, с предупреждением о конфискации их собственности, как это принято в Канаде и США.

В законе необходимо предусмотреть полную инвентаризацию всех водохранилищ на территории РФ, полную инвентаризацию состояния приграничных рек, постоянный мониторинг изменения /кадастр/ параметров водохозяйственных объектов, разработку нормативно - технических и экономических документов, ГОСТов, стандартов и других нормативов.

Необходимо предусмотреть создание единого центра по разработке нормативов и стандартов в области мелиорации и водного хозяйства во ВНИИГиМ за счет финансирования его деятельности из Госбюджетных средств МСХ России и МПР России.



**Э.Б. Дедова, С.Б. Адьяев, Е.А. Ли**

КФ ГНУ ВНИИГиМ, Элиста, Республика Калмыкия, Россия

Рисоводство, основанное в 30-е годы прошлого столетия, изначально широко базировалось на последних достижениях сельскохозяйственной науки и практики. В стране были созданы крупные рисосеющие зоны с инженерными мелиоративными системами. В 70-80 годы XX столетия были достигнуты серьезные успехи в производстве зерна, созданы научные основы интенсивного рисоводства, выведены высокоурожайные сорта, адаптированные к местным почвенно-климатическим условиям, разработаны базовые технологии их возделывания.

В широких производственных масштабах рис в Калмыкии выращивается после выхода в 1966 г. Постановления Совета Министров РФ «О развитии зоны рисосеяния и кормопроизводства в Сарпинской низменности». Рост площадей инженерных рисовых оросительных систем наблюдался до середины 80-х годов.

Для освоения Сарпинской низменности под рисосеяние были построены рисовые оросительные системы – Сарпинская (СООС) с протяженностью магистральных каналов 229 км и Калмыцко-Астраханская (КАРОС) – 144 км, а также внутрихозяйственная оросительная сеть протяженностью 437 км. Основным источником воды для полива является *река Волга*. На рисовые системы Сарпинской обводнительно-оросительной системы вода подается по распределительным каналам Р-1, Р-3 и ВР-1. Для Калмыцко-Астраханской обводнительно-оросительной системы волжская вода аккумулируется в *Черноярском водохранилище*, а из него по *Калмыцкому магистральному каналу (КМК) и Главному коллектору-сбросу (ГКС)* вода подается непосредственно потребителям. Черноярское водохранилище и ГКС одновременно являются приемниками дренажно-сбросных вод рисовых хозяйств Астраханской области.

В настоящее время площадь орошаемых земель в зоне деятельности этих систем насчитывает 22,1 тыс. га: (10,2 – регулярного, 11,8 – лиманного и 0,1 тыс. га – инициативного орошения), что составляет 4,8 % от общей площади пашни или 1,1 % от площади сельхозугодий, и используются они для развития рисоводства и кормопроизводства.

Построенные рисовые системы при неудовлетворительной их эксплуатации создают определенные экологические проблемы в регионе. На этих системах наблюдаются большие непроизводительные потери воды, т.к. все основные каналы проложены в земляном русле, что приводит к подъёму уровня грунтовых вод (УГВ) и повышению их минерализации.

Сложные и тяжёлые природно-гидрогеологические условия, складывающиеся из-за бессточности и слабой естественной дренированности данного региона, выдвигают необходимость строительства искусственного дренажа, потребность в котором испытывают 70...80 % инженерных оросительных систем. Фактически дренаж (внутрикартовые дренажно-сбросные каналы глубиной 1,5...2 м) имеется только на 26% площадей.

Под рисовые севообороты используются значительные площади засоленных земель в лиманной части Сарпинской низменности. Одним из основных условий рисовой ирригации на засоленных землях является обеспечение постоянной интенсивности процесса выноса легкорастворимых солей из зоны аэрации и опреснение ее до безопасных для растений величин. Подобного опреснения в условиях размещения рисового участка в лимане с отсутствием естественной дренированности территории можно достигнуть только при промывном режиме на фоне хорошо работающего дренажа.

К сожалению, конструкции рисового участка не позволяют создать необходимый режим. Недостаточная глубина и разреженность существующей коллекторно-дренажной сети (КДС) не обеспечивают своевременного отвода сбросных и дренажных вод. В результате при подаче воды требующейся при возделывании риса произошел уже в первые годы эксплуатации резкий подъем минерализованных грунтовых вод до недопустимых значений. Наличие прослоек «шоколадных» глин способствовало формированию верховодки на глубине 1,0...1,5 м в совокупности с плохой работой КДС и ее постоянной переполненностью привело к тому, что растворенные в фильтрующей через почвенную толщу поливной воде соли не выносятся за пределы, а остаются на месте. Относительной промывке под рисом подвергается только верхний 0...40 см слой почвы. Ниже расположены горизонты с постоянным сильным уровнем засоления. При возделывании культур периодического полива или в условиях мелиоративного поля в результате капиллярного поднятия и испарения происходит интенсивные процессы вторичного засоления и осолонцевания с выходом «фитилей» солей на поверхность и практически вся площадь карт-чеков оказывается непригодной для возделывания сельскохозяйственных культур (за исключением риса и галофитов).

Слабым звеном в использовании рисовых севооборотов является также некачественная планировка поверхности чеков или вовсе ее отсутствие. Хорошая планировка чеков в значительной мере определяет урожайность риса при режиме укороченного или постоянного затопления. Кроме того, на плохо спланированных чеках не удастся выдерживать оптимальный водный режим, режимы орошения выращиваемых культур, а сопутствующие культуры не в полной мере выполняют свои положительные агро-мелиоративные свойства.

Таким образом, рисовые инженерные системы эксплуатируются уже более 25...30 лет без проведения реконструкции и часть из них непригодна для возде-

львания риса без капитального ремонта. В связи с тяжелым финансовым положением хозяйства Октябрьского района в предыдущие годы практически не проводили работы по ремонту оросительных рисовых систем.

Только в 2004 году благодаря поддержке республиканского бюджета проведены работы на сумму 5,0 млн. рублей. В дальнейшем на содержание рисовых севооборотов необходимо 31 млн. руб., в том числе из республиканского - 23 млн. руб. Дальнейшее существование рисоводства как ведущей отрасли сельского хозяйства Октябрьского района возможно также при условии обновления машинно-тракторного парка, для чего необходимы инвестиции на сумму 416,9 млн. руб.

В настоящее время с принятием республиканской комплексной программы «Рис Калмыкии» на период 2005...2008 годы наметился выход рисоводческой отрасли из кризиса. Площадь риса возросла к 2006 г. до 5,4 тыс. га, при этом валовой сбор зерна более 19 тыс. тонн (рис.1).

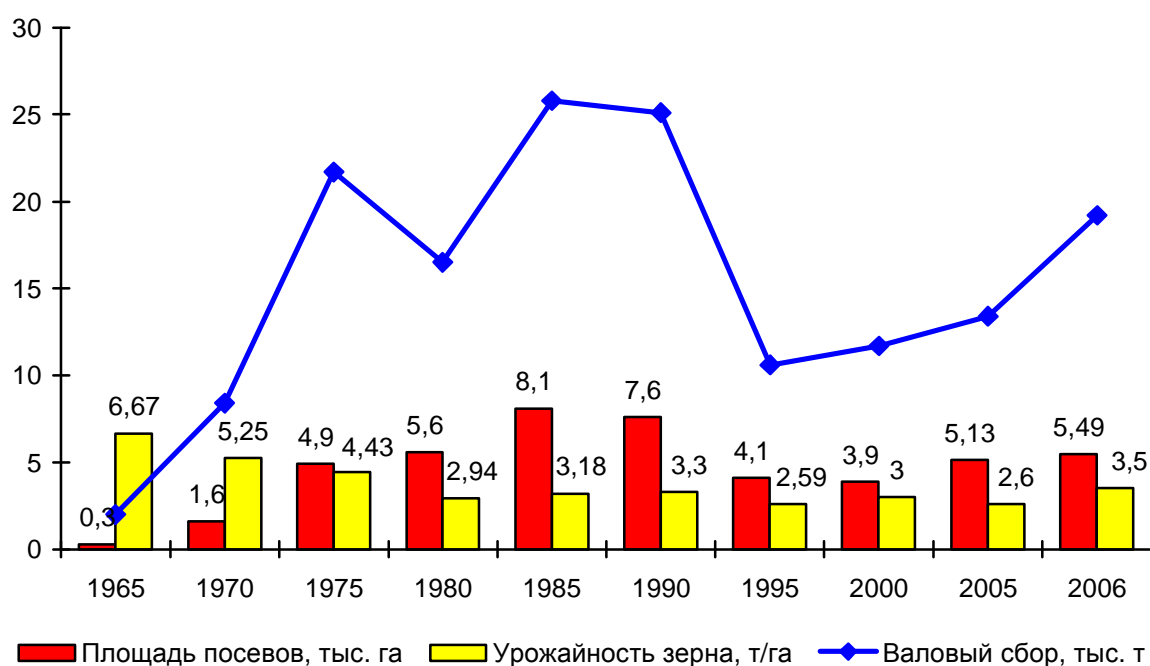


Рисунок 1- Динамика посевных площадей и урожайность зерна риса в Республике Калмыкия

Для повышения экономической эффективности выращивания риса и экологически безопасного функционирования рисовых мелиоративных агроландшафтов концептуальная схема рисоводства должна предусматривать в перспективе решение следующих задач: разработку и внедрение приемов по поддержанию хорошего мелиоративного и фитосанитарного состояния полей, позволяющих экономически эффективно вести отрасль рисоводства, получать высокие урожаи риса и других сопутствующих культур; разработку и внедрение

ресурсосберегающих технологий и технических средств для всего комплекса рисовых систем.

При высоких урожаях рис стабилизирует не только зерновое производство, но и положительно влияет на другие отрасли аграрного производства.

УДК 631:674

## **ВОДОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ ОРОШЕНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ**

**Добрачев Ю.П., Мучкаева Г.М.**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В структуре посевных площадей зерновых культур во всех категориях хозяйств Калмыкии яровая пшеница занимает 5,3%, однако ее производство имеет большое значение для обеспечения местного населения продуктами питания. Применение высокопродуктивных сортов яровой пшеницы, отзывчивых на орошение и удобрения, позволяет повысить их урожайность и рентабельность производства. Однако потенциал новых высокопродуктивных сортов даже при орошении реализуется всего лишь на 50...60% из-за невысокого уровня технологии возделывания яровой пшеницы. Разработка эффективной водосберегающей технологии выращивания яровой пшеницы на орошаемых землях, позволяющей учитывать особенности формирования высоких урожаев зерна в данной почвенно-климатической зоне при оптимальных параметрах водного и пищевого режимов почвы, является актуальной задачей.

Для решения этой задачи на опытном участке, расположенном в пустынной зоне на орошаемых полях СПК «Гашун» (с. Гашунский) Яшкульского района Республики Калмыкия, в 2002...2005 гг. были заложены и проведены два двухлетних полевых опыта. Почвы опытного участка - светло-каштановые среднесуглинистые, слабо- и средnezасоленные. Тип засоления - хлоридно-сульфатный, сумма легкорастворимых солей в пахотном слое - 0,10...0,42 % (с глубиной их количество увеличивается до 0,74 %). Плотность сложения метрового слоя почвы — 1,55 т/м<sup>3</sup>; наименьшая влагоемкость в слое 1,0 м — 19,4 % от массы сухой почвы; содержание гумуса в слое 0...0,4 м составляет 0,5...1,4 %; содержание легкогидролизуемого азота в слое 0...0,4 м — низкое (24,0...86,0 мг/кг), содержание подвижного фосфора также низкое (22...36 мг/кг), обменного калия — высокое (400...520 мг/кг). Грунтовые воды с минерализацией 5,01...7,16 г/л залегают на глубине 1,8...2,0 м.

При постановке и проведении полевого опыта использовались стандартные методические подходы. Расположение вариантов в опытах рендомизированное, повторность трехкратная. Общая площадь под опытом 3456 м<sup>2</sup>, учетная площадь делянок первого порядка 288 м<sup>2</sup>, размер делянок третьего порядка 72 м<sup>2</sup>.

Схема первого опыта по фактору А (режим орошения) включала два варианта: 1-й – поддержание влажности почвы не ниже 60-65 % НВ; 2-й – поддержание влажности почвы не ниже 70-75 % НВ. Схема опыта по фактору В (минеральное удобрение) включала следующие варианты: вариант В1 – без удобрений; В2 – внесение N210P70 под программируемую урожайность 6 т/га. В 2002...2003 гг. проходили агрометриоративное испытание новые для условий Калмыкии сорта твердой яровой пшеницы (фактор С): Безенчукская 200 – С2, Золотая волна – С3, Вольнодонская – С4. За контроль был взят сорт Саратовская золотистая – С1. Посев проводили нормой 5,5 млн. сем./га. Способ посева – рядовой с шириной междурядий 15 см; глубина заделки семян 5 см.

Схема второго опыта (2004-2005гг.) включала полевые исследования на двух сортах Саратовская золотистая – С<sub>1</sub> и Безенчукская 200 – С<sub>2</sub>, которые возделывались при оптимальном режиме орошения. В опытах исследованы следующие варианты: вариант В<sub>1</sub> – без удобрений; варианты В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>4</sub>, В<sub>5</sub> – внесение различных доз минеральных удобрений N<sub>160</sub>P<sub>50</sub>, N<sub>200</sub>P<sub>65</sub>, N<sub>210</sub>P<sub>70</sub> и N<sub>240</sub>P<sub>80</sub> соответственно (на запланированные урожайности 4,5; 5,5; 6,0 и 6,5 т/га).

Разработка водосберегающих режимов орошения проводилась с использованием имитационной модели агроценоза зерновых культур согласно схеме, представленной на рисунке 1.

Агротехника возделывания яровой пшеницы в опытах соответствовала действующим зональным рекомендациям, дополненная вариантами изучаемых приемов. Полив осуществлялся дождеванием с помощью ДКШ-64 «Волжанка». Наблюдения за фенологическим развитием яровой пшеницы и определение элементов структуры урожая выполнены по «Методике Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур» (В.И. Головачёв, 1989).

Критерием оптимизации эффективности водосберегающей технологии интенсивного типа, предусматривающей вложение капитальных затрат либо значительных амортизационных отчислений (орошаемые земли), может служить выражение:  $\mathcal{E}_T = P - Z$ , в котором результатом (P) является стоимость полученного урожая, а затратами (Z) – все затраты на реализацию технологии. В оптимизационной задаче ресурсного обеспечения технологии использовалась производственная функция зависимости урожайности от основных факторов интенсификации (орошение, внесение удобрений), идентифицированная по результатам полевых опытов и сценарных исследований на модели агроценоза.

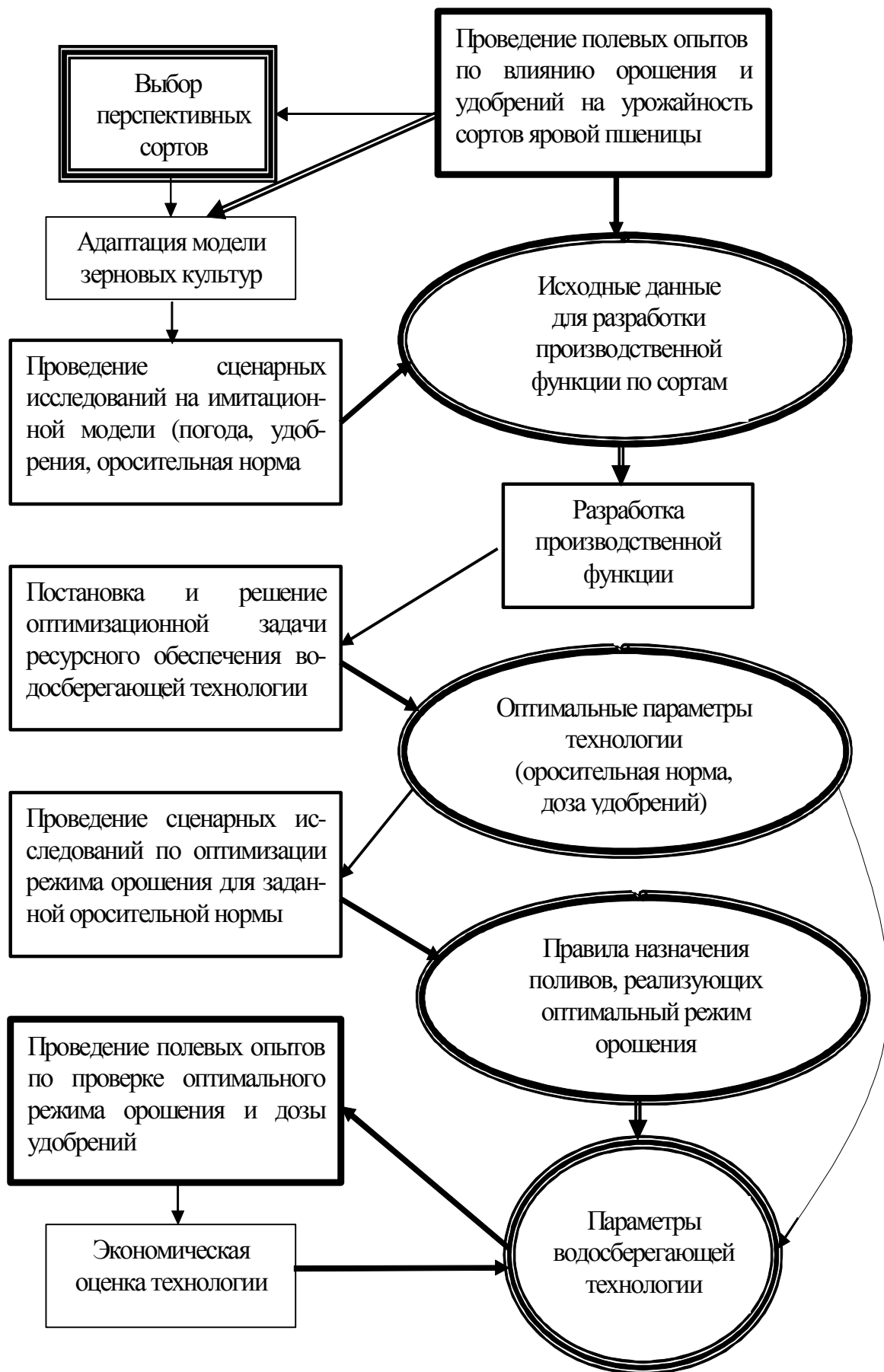


Рисунок 1 - Схема последовательности разработки ресурсосберегающей технологии возделывания яровой пшеницы при оптимальном режиме орошения

Полученные в опытах и численных экспериментах данные были аппроксимированы гиперболической зависимостью, которая для сорта Саратовская золотистая имеет вид:

$$Y = 16 + 4,4q + \frac{[45 + 22,5q / (0,6 + q)] \cdot Q}{960 + Q} \quad (1)$$

где  $Y$  - урожайность, ц/га;  $q$  - доза вносимых под посев минеральных удобрений, выраженная в долях от полной нормы минеральных удобрений ( $N - 210$ ,  $P - 70$  кг д.в./га);  $Q$  - оросительная норма, м<sup>3</sup>/га. Аналогичная зависимость была получена для сорта Безенчукская 200.

Полученную функцию можно принять за производственную при условии, что коэффициенты уравнений рассчитаны по данным многолетней выборки. Тогда оптимизационную задачу ресурсного обеспечения технологии  $Y \cdot Z_Y - Z \rightarrow \max$  представим в развернутом виде:

$$\left\{ a + bq + \frac{[k_1 + k_2q / (K_2 + q)] \cdot Q_n}{K_1 + Q_n} \right\} \cdot Z_Y - Z_W Q_6 - Z_{NP} q - Z_C \cdot Y^{1,2} - A \rightarrow \max,$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $K_1$ ,  $K_2$  - эмпирические сортовые коэффициенты производственной функции;  $Z_Y$  - закупочная цена тонны зерна яровой пшеницы (3000 руб.);  $Q_n$ ,  $Q_6$  - оросительная норма нетто и брутто, м<sup>3</sup>/га;  $Z_W$  - стоимость доставки (и полива) 1 м<sup>3</sup> воды на поле (1,42 руб.),  $Z_{NP}$  - стоимость полной дозы удобрений (2581 руб.),  $Z_C$  - стоимость уборки 1 т дополнительной продукции и потери урожая (200 руб./т),  $A$  - ежегодные амортизационные отчисления (3500 руб. из расчета окупаемости оросительной системы за 15 лет).

При включении в задачу некоторых ограничений методического, экологического и технологического характера (функция достоверна на отрезках факторного пространства  $0 \leq Q \leq 2000$ ,  $0 \leq q \leq 1$ ; минимальное количество вносимых удобрений должно компенсировать их вынос с урожаем и др.) получены следующие оптимальные параметры ресурсного обеспечения технологии: полная доза удобрений для каждого сорта -  $N_{210}P_{70}$  при оросительной норме для Саратовской золотистой - 1900 м<sup>3</sup>/га, для Безенчукской 200 - 1800 м<sup>3</sup>/га.

Для разработки оптимального режима орошения применялся вариант имитационной модели яровой пшеницы, адаптированной к высоким дозам удобрений. Путем анализа расчетных кривых по динамике водного статуса посева, влажности почвы и инфильтрационного стока для погодных условий различных лет подобраны режимы орошения, обеспечивающие получение максимальной урожайности.

Анализ оптимальных режимов орошения яровой пшеницы для различных погодных условий позволил выявить ряд закономерностей, на основе которых были сформулированы правила назначения поливов, обеспечивающие графики поливов близкие к оптимальному режиму:

- каждый последующий полив назначается по нарастающей величине предполивной влажности почвы от 0,65 до 0,8 НВ;

- первый полив назначается при снижении влажности почвы до 0,65 НВ поливной нормой 300 м<sup>3</sup>/га (если развитие посева не достигло фазы выхода в трубку) и 400 м<sup>3</sup>/га в более поздние сроки;

- обязательный полив назначается перед началом выхода в трубку поливной нормой 200-400 м<sup>3</sup>/га (в зависимости от влажности почвы), если влажность почвы не превосходит величины 0,85 НВ;

- очередные поливы назначаются поливной нормой 400 м<sup>3</sup>/га при снижении влажности почвы до 0,75 и 0,80 НВ; в период цветения полив не назначается;

- последний полив нормой 300 м<sup>3</sup>/га назначается не позже чем за 10 дней до наступления восковой спелости.

Опытно-производственная проверка разработанного оптимального режима орошения была проведена в 2004...2005 гг., а в 2006г. – внедрена в СПК «Гашун» Яшкульского района Республики Калмыкия на орошаемом участке площадью 20 га. Повышение урожайности при использовании оптимального режима орошения составило для сорта Саратовская золотистая –5,5 %, для сорта Безенчукская 200 – 7,7 % при средней урожайности за два года 6,33 и 6,46 т/га соответственно. Опытная проверка показала, что оптимизация водного и пищевого режимов почвы способствует формированию высококачественного зерна с содержанием белка 15,9...17,0 %, клейковины до 39,2...41,5%.

Кроме того, при оптимальном режиме орошения затраты воды на формирование одной тонны зерна сократились в 1,6...1,7 раза по сравнению с вариантами возделывания яровой пшеницы по принятой в хозяйстве технологии (при дифференцированном режиме орошения с оросительной нормой 2000м<sup>3</sup>/га).

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Для условий восточной зоны Калмыкии выявлены наиболее отзывчивые сорта на изучаемые факторы интенсификации (орошение, удобрения) – Саратовская золотистая и Безенчукская 200.

2. При заданных ограничениях на ресурсное обеспечение (уровень плодородия почвы, состояние оросительной сети) более отзывчивые на орошение сорта имеют больший диапазон возможного варьирования технологическими факторами.

3. Применение оптимизационных задач с использованием критерия максимизации чистого дохода позволяет определить оросительную норму и дозу минеральных удобрений для технологии выращивания яровой пшеницы и сформулировать правила назначения поливов в зависимости от актуальной влажности почвы, фазы развития растений и предполивной влажности предыдущего полива, обеспечивающие выполнение графика полива, близкого к оптимальному.



4. Оптимальное сочетание регулируемых факторов (орошение и удобрения) позволяет существенно улучшить качество зерна, производимого на орошаемых землях (содержание белка - 15,9...17,0 %, клейковины - 39,2...41,5 %.), и целенаправленно регулировать факторы интенсификации возделывания яровой пшеницы, сводя к минимуму негативное влияние погодных условий в период ее вегетации. Увеличение доз минеральных удобрений (свыше  $N_{210}P_{70}$ ) не приводит к существенному увеличению качественных характеристик зерна, однако снижение доз удобрений при оптимальном режиме орошения приводит к снижению качественных показателей: содержание белка до 13,8...15,2 %, содержание клейковины до 35,4...37,2 %.

5. Применение имитационной модели и сценарных исследований позволяет проводить эколого-экономический анализ технологии выращивания и оптимизировать режим орошения под выбранный уровень интенсивности технологии.

УДК 631.67

## **КОМПЛЕКС МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И ЧИСЛЕННЫХ СХЕМ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ**

**Ю.П. Добрачев, Г.Н. Суханов, Г.Н. Виноградова**  
ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Определение состава и интенсивностей проведения комплексных мелиораций должно проводиться на основе анализа экономической эффективности совместного проведения мелиоративных работ, входящих в комплекс, с учетом экологических и технологических ограничений. Для определения экономической эффективности проведения комплексных мелиораций необходима разработка производственных функций, описывающих влияние состава и интенсивностей мелиоративных работ, входящих в комплекс на продуктивность мелиорируемых земель.

Под производственными функциями будем понимать статистическую зависимость прироста индекса почвенного плодородия (прирост урожайности всех культур севооборота или одной культуры выбранной в качестве эталона) от интенсивности мелиоративного фактора и времени его воздействия. Использование производственных функций, представленных в виде зависимости «деньги—деньги», позволяет оценивать экономический эффект и эффективность применения каждого вида мелиорации в зависимости от величины затрат. Кроме того, качественный анализ производственных функций позволяет количественно оценить, измерить характер и степень влияния вложения финансовых ре-

сурсов на прирост индекса почвенного плодородия для каждого конкретного вида мелиорации, с учетом их взаимодействия.

Применение моделей оптимального планирования сформированных на базе производственных функций позволяет определить максимально эффективные сочетания агромелиоративных мероприятий по видам и интенсивностям факторов мелиорации, образующих комплекс, наиболее целесообразные направления их использования с учетом ограничений на объем ресурсов, пределов их взаимозаменяемости и принятых показателей эффективности плана. Анализ производственных функций дает возможность не просто установить меру взаимосвязи тех или иных показателей, но и получить характеристики, относящиеся к ключевым экономическим понятиям, таким, как эффективность производства, темпы и пропорции экономического развития, роль и влияние научно-технического прогресса, ценообразования и т.п.

Важным методическим приемом является представление производственных функций (зависимости прироста индекса почвенного плодородия от интенсивности мелиоративного фактора и времени его воздействия) в удобной для экономического анализа форме – в виде 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, что позволяет однозначно задать интенсивность мелиоративного фактора («затраты на мелиорацию»  $\hat{U}$  «значение фактора»  $\hat{U}$  «прирост ИПП») в денежном выражении.

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. Тогда функция ресурсоотдачи будет иметь вид, показанный на рисунке 1.

Важным элементом разработки производственных функций является учет климатических условий рассматриваемой территории, а также агрофизических и агрохимических характеристик почв сельскохозяйственных угодий, на которых планируется проведение комплексных мелиораций, т.к. исходное состояние почв в значительной степени определяет состав и интенсивности мелиоративных работ, входящих в комплекс.

Анализ результатов полевых опытов и статистических данных по урожайности яровой пшеницы позволил объединить разрозненные данные, что обеспечило возможность идентификации коэффициентов производственной функции.

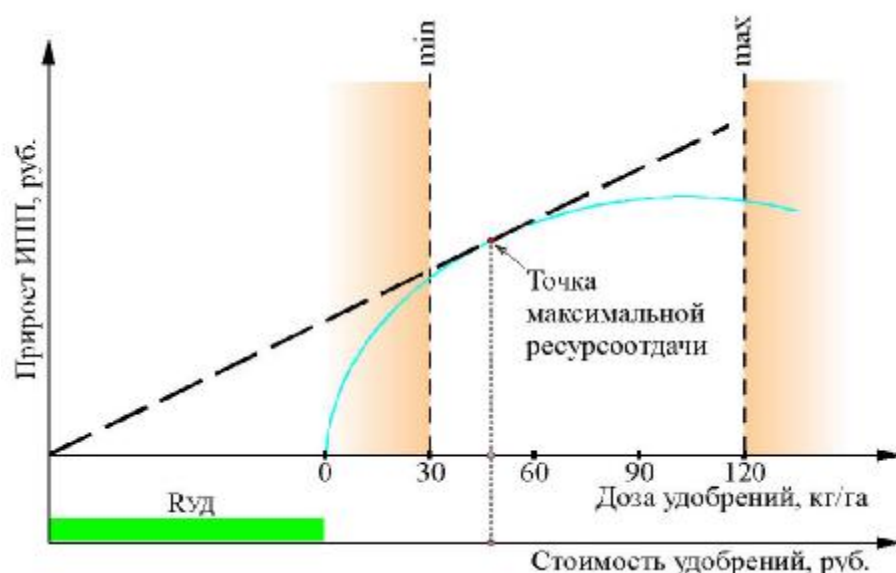


Рисунок 1 - Вид производственной функции ресурсоотдачи при использовании удобрений в качестве мелиорантов

*Примечание:* выделенные границы области допустимых значений доз удобрений min и max обусловлены технологическими и экологическими ограничениями

Производственная функция, используемая для описания влияния удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур для дерново-подзолистых почв различной окультуренности и гранулометрического состава с известной гидролитической кислотностью и известным содержанием гумуса, имеет вид:

$$Y = k_0 \frac{(c_1 + k_1 \cdot l) \cdot (G\%{}^b - k_2 \cdot H_{\Gamma} + c_2) \cdot k \cdot q}{(600 \cdot k_3 + q)} - B, \quad (1)$$

где  $c_1, c_2$  – константы функции, принимающие различные значения для почв различной окультуренности,  $G\%$  – процентное содержание гумуса в пахотном горизонте почвы,  $k_0, k_1, k_2, k_3, b$  – эмпирические коэффициенты, идентифицируемые по опытным данным с помощью алгоритма Хуга-Дживса (метод градиентного спуска) [83],  $q$  – стоимость минеральных удобрений,  $l$  – индекс механического состава. Найденные коэффициенты функции приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Коэффициенты производственной функции (1)

Типы почв	$k_0$	$c_1$	$c_2$	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$b$	$B$
Высокоокультуренные	1,05	29	5,1	3,1	3,9	1,2	0,81	0
Среднеокультуренные	1,49	32	0	3,1	5,1	2,1	0,60	0
Низкоокультуренные	1,51	34	0	3,1	6,2	2,6	0,52	0
Осваиваемые	1,97	37	0	3,1	6,4	3,5	0,68	9,8

Представленная выше производственная функция является функциональным ядром эколого-экономической модели, позволяющей на основе исходных

параметров мелиорируемого почвенного покрова, состава мелиоративного комплекса, экологических, технологических и экономических ограничений определить с помощью оптимизационного блока для дерново-подзолистых почв экономическую эффективность и эффект от проведения комплексных мелиораций, интенсивности мелиоративных факторов, затраты по видам мелиораций, а также выходные параметры состояния почвы.

Эколого-экономическая модель входит в экономико-математическую модель, позволяющую на основе учета имеющихся площадей, нуждающихся в мелиорации сельскохозяйственных угодий, и периода проведения мелиоративных работ определить наиболее эффективный вариант комплексных мелиораций. Поиск наиболее эффективного (обеспечивающего максимум экономического эффекта) варианта производится с помощью ЭВМ путем перебора всех возможных по составу и интенсивностям вариантов комплексных мелиораций, целесообразных для данной конкретной группы почв.

Представленный алгоритм определения оптимальных вариантов комплексных мелиораций универсален и может быть применен для любой другой группы почв при условии наличия новой производственной функции и учета климатических характеристик местности, агрофизических и агрохимических свойств почвы, а также набора мелиоративных мероприятий, реализация которых эффективна для рассматриваемой территории.

УДК 631.4:631.6

## **ОПЫТ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ВТОРИЧНО-ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ ВОЛГО-ДОНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ**

**Е.М. Душкина**

Волгоградская ГСХА, Волгоград, Россия

Для Волгоградской области характерной особенностью почвенного покрова является его комплексность со значительным распространением солонцов и наличием легкорастворимых солей в профиле почв каштанового типа. Суммарно эти площади занимают около 60 % территории. Напряженное мелиоративное и экологическое состояние имеют 2/5 части земель, удовлетворительное и катастрофическое – по 1/4, кризисное – 1/10.

Таким образом, орошаемые земли Волгоградской области по данным Н.И. Кирпо со ссылкой на И. Соболяч можно отнести ко второй и третьей группе засоленных почв, использование которых предусматривает проведение мелиоративных мероприятий. Одним из наиболее радикальных приемов мелиорации является капитальная или эксплуатационная промывка.

Исследования, проведенные Волгоградским комплексным отделом ВНИИ-ГиМ (1981-1990), Всероссийским НИИ орошаемого земледелия показали, что в рассматриваемом регионе капитальную промывку засоленных почв целесообразно проводить затоплением чеков, а эксплуатационную промывку дождеванием, создавая определенный режим увлажнения почв, проведя предварительную мелиоративную подготовку. Это позволит отказаться от дренажной и отводящей сети, проводить орошение на фоне культуры-освоителя, сохранить плодородие зональных почв и предотвратить подъем уровня грунтовых вод на окружающих массивах. Наряду с культурами-освоителями засоленных почв, такими как подсолнечник, сахарная и кормовая свекла, кукуруза неплохо выносит засоление почв. Это подтверждено многочисленными опытами на орошаемых землях Средней Азии (опытными станциями Голодной Степи, Бухарским и Ферганским опытными полями). Кроме того, кукуруза - влаголюбивая культура, что требует поддержания влажности почвы на уровне 75-85 % от НВ и проведение влагозарядкового полива. В общей сложности оросительная норма под кукурузу, в зависимости от метеорологических условий года, в среднем составляет от 3500 до 5520 м<sup>3</sup>/га, что можно представить как один или два такта промывки засоленных почв. При оптимизации водообеспечения кукуруза способна давать очень высокие урожаи зеленой массы и зерна.

Вопросы водообмена и водоснабжения сельскохозяйственных растений на засоленных почвах до настоящего времени изучены недостаточно. Объясняется это тем, что действие солей на растения двойственно по своей природе. С одной стороны скопление солей в почве, повышая осмотическое давление почвенного раствора, сильно снижает доступность воды для корней, а с другой – некоторые соли действуют на растения как специфические яды.

На орошаемых землях, подверженных засолению, необходимо регулировать концентрацию почвенного раствора и содержание солей в корнеобитаемом слое. В течение вегетационного периода солеустойчивость растений изменяется, наиболее чувствительны они к засолению в начале вегетации и в фазу цветения. Эти особенности необходимо учитывать при назначении сроков и норм поливов.

При разработке мероприятий, улучшающих водоснабжение растений на засоленных почвах, предусматривается снижение водоудерживающей силы почвы разбавлением концентрации солей в почвенном растворе и максимальное удовлетворение растений водой в течение всего вегетационного периода. Учитывая это, С.Н. Рыжов (1948, 1957) и др. рекомендуют на засоленных почвах в течение вегетационного периода поддерживать повышенную влажность почвы в корнеобитаемой зоне, что можно достичь путем частых поливов небольшими нормами и поливами при более высокой влажности почвы.

Накопление солей в почве, вызывающих явные признаки угнетения растений, идет главным образом за счет физического испарения капиллярно под-

нявшихся к поверхности почвы минерализованных грунтовых вод. Следовательно, режим вегетационных поливов должен быть разработан с таким расчетом, чтобы ежегодно сбрасывать в грунтовые воды накопившиеся в корнеобитаемой зоне за вегетационный период соли, и тем самым не допускать до критической засоленности.

При разработке поливных режимов наиболее сложным является вопрос глубины увлажнения, т.е. определение расчетного слоя почвы с учетом почвенно-гидрологических условий и биологических особенностей кукурузы.

Глубина увлажнения при поливах, в основном определяется мощностью корневой системы. Многие ученые (А.С. Кружилин, 1977 и др.) глубину увлажнения связывают с активным слоем почвы, в котором расположены до 80 % корней. Учитывая зависимость глубины проникновения корневой системы от влажности почвы, О.Г. Грамматикати (1966, 1974), с целью создания резервных запасов влаги, указывает на необходимость увлажнять при поливах слой почвы, в 2-3 раза превышающий корнеобитаемый. К такому же мнению приходит и Н.С. Петин (1974).

А.Н. Костяков (1951) указывал на необходимость при установлении глубины увлажнения, учитывать особенности почвенных условий, т.е. она должна быть меньше глубины залегания соленосного горизонта и капиллярной каймы грунтовых вод.

Наши наблюдения за влажностью почвы до начала поливов показали тесную взаимосвязь между грунтовыми водами и влажностью на суглинистых солончаковатых почвах. При УГВ до 1,5 м от поверхности почвы иссушение ее отмечается до глубины 40 см. В более глубоких слоях почвы влажность меняется мало, тогда, как в 0-40 см слое она снижается резко. Следовательно, максимальная глубина зоны иссушения при УГВ 1,5 м в наших опытах соответствует 0-40 см. При глубине залегания грунтовых вод 1,8 м максимальный расход влаги идет из слоя 70-80 см, глубже влага остается не потребленной, и этим слоем практически ограничивается влагообмен почвы с атмосферой. Исходя из этого, можно считать, что при УГВ 1,8 м зона иссушения на тяжелосуглинистых почвах занимает слой 0-100 см.

Запасы влаги в почве, накопленные в активном слое за осенне-зимний и весенний периоды за счет подпитывания почвы грунтовыми водами и ранневесенних атмосферных осадков, создали растениям кукурузы вполне оптимальные условия для их роста и развития до появления 5-7 листьев.

Грунтовые воды при неглубоком их залегании могут быть вовлечены во влагообмен с подпахотными слоями. Если они слабо минерализованы или пресны, то это явление благоприятное, а при средней или сильной их минерализации необходимо препятствовать поднятию грунтовых вод и их капиллярной каймы к поверхности почвы.

В ранневесенний период, а также после вегетационных поливов подпи-

рающее действие грунтовых вод, при залегании их на уровне 1,2-1,8 м, распространяется до самой поверхности почвы, однако поднимаясь таким образом капиллярная кайма, затем под влиянием интенсивного испарения и десукции корней, быстро исчезает и опускается до своего нижнего уровня (40-80 см).

Из вышеизложенного следует, что капиллярно подпитывая почву, грунтовые воды, в некоторой степени обеспечивают растения влагой. Близкое залегание к поверхности почвы грунтовых вод обуславливало восходящее движение капиллярной влаги в верхние слои. По этой причине, в основном, весной к началу вегетационного периода кукурузы влажность на всех вариантах опытов была близка к НВ.

Влага как один из главных и незаменимых факторов жизни растений, практически добывается ими только из почвы. Поэтому наличие почвенной влаги, ее подвижность и доступность, при определенных температурах и световых условиях является одним из основных показателей, характеризующих интенсивность роста и развития растений, а также возможность получения высоких запланированных урожаев кукурузы.

Правильное регулирование водообеспеченности активного слоя почвы — главнейшее требование к поливному режиму сельскохозяйственных культур. Основным интегральным показателем при установлении поливного режима является оптимальный диапазон от предполивного уровня влажности в активном слое почвы до наименьшей влагоемкости в этой толще, обеспечивающей нормальную жизнедеятельность растений в течение всего вегетационного периода.

Поддержание водного режима почвы на оптимальном уровне определяется двумя основными параметрами – правильным установлением глубины увлажнения почвы и поддержания в этой толще почвогрунта предполивной влажности на заданном уровне.

Что касается глубины увлажнения почвогрунта, то в этом отношении существуют разные позиции. Одни представители науки отдают предпочтение глубокому увлажнению – на 0,8...1,0 м, а другие считают целесообразным ограничивать глубину увлажнения на уровне 0,4...0,5 м. При глубоком увлажнении почвы поливы даются соответственно реже, чем при малых нормах. Верхние слои почвы в этом случае чрезмерно пересушиваются и, как следствие, деятельность корневой системы, расположенной ниже увлажняемого слоя, тоже не использует свои потенциальные возможности, и в том, и в другом случае недобор урожая обеспечен.

Динамика влажности почвы и поливной режим кукурузы в годы исследований имели свои особенности, которые определялись изменением водопотребления в зависимости от погодных условий и формирования урожая. Сроки начала полива в опытах определялись запасами влаги в почве на день полива и погодными условиями. Для поддержания предполивной влажности почвы в слое 0,0-1,0 м на уровне 70-80 % НВ в период вегетации кукурузы за годы ис-

следований потребовалось проводить от 5-ти до 9-ти вегетационных поливов нормой 350 и 500 м<sup>3</sup>/га, в зависимости от погодных условий вегетационного периода (табл.1.)

Таблица 1 - Фактический поливной режим кукурузы на зеленую массу

Предполивная влажность почвы, % НВ	1997 г.	1998 г.	1999 г.	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
70	$\frac{5}{500}$	$\frac{6}{500}$	$\frac{6}{500}$	2500-3000
80	$\frac{8}{350}$	$\frac{9}{350}$	$\frac{9}{350}$	2800-3150

Примечание: в числителе – число поливов, в знаменателе – поливная норма

Во влажном по количеству осадков 1997 году первоначальное иссушение почвы до предполивного уровня в слое 0,0-1,0 м было отмечено уже в фазе 7-8 листа. Продолжительность использования почвенной влаги в этом году в условиях низкой интенсивности испарения составила 13 дней, а межполивной период во время вегетации кукурузы изменялся от 8 до 17 дней.

В остро засушливом 1999 году начальные запасы почвенной влаги в слое 0,0-1,0 м равнялись 84,5 % НВ. Продолжительность периода от посева до первого полива в этом году составила 19 дней. В последствии по мере роста и развития растений кукурузы продолжительность периодов испарения влаги изменялась в июне от 8 до 16 дней. В 1998 году не намного более влажном по количеству осадков первоначальное снижение запасов влаги до 70-75 % НВ произошло в третьей декаде мая, когда растения находились в фазе 5-6 листьев, а осадков в этот период выпало всего 0,3 мм и среднесуточная температура равнялась 16,5 °С. Выпавшие осадки в июне-июле способствовали пополнению запасов влаги в почве и увеличению продолжительности времени между первыми и последующими вегетационными поливами от 9 до 16 дней. Сравнительно малое количество осадков в третьей декаде мая и в июне, июле месяце вызвали необходимость проведения вегетационных поливов через 8-11 дней.

Анализ полученных результатов исследований показал, что поддержание оптимальной предполивной влажности почвы обеспечивается различным числом и сроком проведения поливов, что объясняется главным образом различными термическими условиями года. Так, например, в 1997 г потребовалось провести 5 поливов с оросительной нормой 2500 м<sup>3</sup>/га. Потребность кукурузы в оросительной воде в сильно засушливом 1999 году была значительно выше. Число поливов для поддержания оптимальной влажности в слое 0,0-1,0 м увеличилось до 6 с оросительной нормой 3000 м<sup>3</sup>/га. В 1998 году число поливов составило 6 с оросительной нормой 3000 м<sup>3</sup>/га - на слабо засоленной почве.

Таким образом, на поливной режим кукурузы на зеленую массу большое влияние в первую очередь оказывают мелиоративные условия, фазы развития



растений, что в конечном итоге определяет уровень эвапотранспирации посевов и эффективность использования оросительной воды.

В наших опытах поливной режим посевов кукурузы обуславливался мелиоративным состоянием опытных участков, погодными условиями и, главное, количеством выпадающих атмосферных осадков, исходя из многолетних данных по этим параметрам, а также конкретных показателей погодных условий года и вегетационного периода.

В процессе роста и развития кукуруза потребляет большое количество воды на транспирацию с поверхности растений и испарение почвой. Многими исследованиями установлено, что среднее количество, расходуемое кукурузой за вегетационный период, составляет 3000 – 6000 м<sup>3</sup>/га.

Суммарное водопотребление растений кукурузы, выращиваемых даже в одном и том же пункте – величина не постоянная и в значительной степени зависит от почвенно-климатических условий, длине вегетационного периода, сорта или гибрида и ряда других факторов (табл. 2).

Таблица 2 - Суммарное водопотребление кукурузы по вариантам водного режима на почвах различной степени засоления (слой 0,6 м)

Пред-поливная влажность почвы % НВ	Годы	Суммарное водопотребление м <sup>3</sup> /га	Оросительная норма		Приход влаги от атмосферных осадков		Использовано почвенной влаги	
			м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%
<b>Почва слабозасоленная</b>								
70	1997	5514	2500	45,3	2480	44,9	534	9,6
	1998	4121	3000	72,7	695	16,8	426	10,3
	1999	4324	3000	69,3	940	21,7	384	8,8
	Среднее	4653	2833	62,4	1372	27,8	448	9,5
80	1997	6010	2800	46,5	2480	41,2	730	12,1
	1998	4305	3150	73,1	695	16,1	460	10,6
	1999	4596	3150	68,5	940	20,4	506	11,0
	Среднее	4970	3033	62,7	1372	25,9	562	11,2
<b>Почва средnezасоленная</b>								
70	1997	5482	2500	45,6	2480	45,2	502	9,1
	1998	3891	3000	77,1	695	17,8	196	5,0
	1999	4216	3000	71,1	940	22,2	276	6,5
	Среднее	4529	2833	64,6	1372	28,4	324	6,9
80	1997	6044	2800	46,3	2480	41,0	764	12,6
	1998	4429	3150	71,1	695	15,6	584	13,1
	1999	4694	3150	67,1	940	20,0	604	12,8
	Среднее	5055	3033	61,5	1372	25,5	650	12,8

Наблюдения за ростом растений кукурузы на слабо- и средnezасоленной почве при различных режимах орошения показали, что рост кукурузы в значительной степени зависит от засоленности почвы. Особенно это проявляется в первый период роста растений до образования 7-8 листа.

Данные трехлетних исследований по возделыванию кукурузы на светло-каштановых засоленных почвах Волго-Донского междуречья показали, что орошение удлиняет период вегетации растений, причем на слабозасоленной почве увеличение периода вегетации при режиме орошения 80 % НВ составляло 5-6 дней против орошения при 70 % НВ.

На средnezасоленной почве удлинение периода вегетации наблюдалось при режимах орошения и 70 % НВ и 80 % НВ на 3-8 дней против периода вегетации на слабозасоленной почве.

Урожай кукурузы, как и всякого любого сельскохозяйственного растения, формируется в конкретных условиях внешней среды в течение вегетационного периода. Познание закономерностей формирования урожая позволяет вскрыть слабые стороны в системе агротехнических приемов, в наибольшей мере использовать потенциал самого растения. Поэтому все агротехнические мероприятия должны быть направлены на формирование нужных органов и частей растений, чтобы обеспечить высокую полезную продуктивность.

УДК 631.452:631.811

## **ВЛИЯНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕЛИОРАНТА «МЕНОМ» НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО СОРТА «ДИКАФ-14»**

**Е.В. Жигулина**

МФ ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Рязань, Россия;

**В.П. Максименко, Р.И. Матюхин**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Проблема сохранения структуры почвы, создания условий для воспроизводства ее плодородия, возникла и сохраняется (*в более рафинированном виде*) сегодня. Подходы, способы и технологии повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий совершенствовались по мере развития научно-технического прогресса. От переложно-жоговой системы земледелия осуществлялся переход к индустриальным технологиям возделывания сельскохозяйственных культур, характеризующийся применением удобрений и химмелиорантов, организацией культурных севооборотов, в основу которых заложены основные законы развития фитоценозов. Однако, как показала практика, применяемые удобрения, не полностью осваиваются растением (30...60 %). В условиях избыточного естественного увлажнения и при орошении существенная

часть их теряется с инфильтрационным сбросом влаги в грунтовые воды и водоприемники в силу того, что они быстро растворимые, что создает условия для формирования антропогенной биогенной нагрузки на водоприемники. При этом компенсация недостатка элементов минерального питания растений эффективна только тогда, когда сформирована рыхлая структура почвы. А для этого необходимо проводить специальные мероприятия.

Формирование слоя почвы с пористой структурой осуществляется, в основном, рыхлением почвообрабатывающими орудиями, внесением органических удобрений, сидерацией, гипсованием и известкованием. Для совмещения технологических операций подготовки почвы, включающих механическое разуплотнение и регулирование пищевого режима растений, стали создавать комплексные удобрения [В.М. Ключковский, А.В. Петербургский, 1964].

Сегодня получен более совершенный многофункциональный модифицированный мелиорант «МеНОМ» [В.М. Мелкозеров с соавт., 2004], внесение которого обеспечивает комплексное регулирование пищевого режима почвы, улучшение ее структуры, аэрированности, а на легких почвах – повышение водоудерживающей способности. Мелиорант изготавливается в виде порошка, содержащего до 34,2 % азота; доступных для растений в первый год внесения: азота – 0,28, 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, цинк, молибден и др.

В 2003 году были начаты опыты по установлению эффективности применения многофункционального удобрения-мелиоранта длительного действия, его влияния на урожайность сельскохозяйственных культур и качество продукции. Исследования проводились на землях ОНО ОПХ «Полково» Рязанского района Рязанской области, представленных типичными для Мещерской низменности супесчаными дерново-подзолистыми почвами. Характеризуются они сравнительно низким содержанием усвояемых форм азота, подвижного фосфора и обменного калия; низким содержанием гумуса - 1,23...1,15% в слое 0-0,4 м, далее по профилю содержание его еще меньше, так как материнская порода содержит весьма незначительное количество органических веществ [И. С. Кауричев, 1986]. Продуктивность таких земель очень низкая, поэтому особое значение придается применению различных удобрений и мелиорантов, повышающих их плодородие.

При закладке опыта (2003 г.) были смоделированы варианты с различной дозой внесения мелиоранта, в том числе и его сочетание с торфом. Эксперимент включал пять вариантов в 3-кратной повторности с дозами внесения: вариант I – 1/5, вариант II - 1/10, вариант III - 1/20, вариант IV- смесь мелиоранта с торфом 1/10:10 часть от объема мелиорируемого слоя почвы, вариант V – кон-

троль. В первые годы исследований (2003-2005 гг.) на опытном участке выращивалась морковь. В 2006 году эффективность «МеНОМА» изучалось на люпине узколистном. Посев культуры был произведен 1 мая, уборка – 17 августа.

Учет урожая люпина узколистного проводили в фазу молочно-восковой спелости семян. Срезанная масса люпина, пока еще зеленая, разделялась на учетные органы растения: бобы и стебли с листьями. Бобы сушились так, чтобы при растрескивании их семена не рассыпались (марлевые мешочки), что позволило произвести точный учет. Данные о структуре полученного урожая люпина узколистного представлены в таблице 1.

Таблиц 1 - Формирование урожая люпина узколистного в полевом опыте под влиянием различных доз мелиоранта

Вариант	Продуктивность, кг/м <sup>2</sup>				Прирост в % к контролю
	Стебли + листья	Зерно	Створки бобов	Всего	
I	0,26	0,23	0,10	0,59	28,3
II	0,38	0,26	0,12	0,76	65,2
III	0,36	0,30	0,13	0,78	69,6
IV	0,47	0,39	0,19	1,05	128,3
Контроль	0,23	0,16	0,07	0,46	-

Из таблицы видно, что и на четвертый год действие мелиоранта на продуктивность культуры сохранилось. Прирост биологической массы люпина проявился на всех вариантах внесения мелиоранта, прибавка урожая составила от 28 до 128 % к контрольному варианту. Особенно благоприятное действие сказалось на варианте смеси торфа с мелиорантом 1:1 (10%). На вариантах при дозе 10% и 20% от объема мелиорируемого слоя получены близкие результаты (прирост составил, соответственно, 65,2 и 69,6 %), что свидетельствует о некотором сглаживании воздействия мелиоранта указанными дозами с течением времени.

В этом опыте также еще раз подтвердился тот факт, что доза мелиоранта объемом 20 % при естественном водообеспечении посевов атмосферными осадками несколько завышена. Поэтому без орошения доза мелиоранта в условиях Мещерской низменности на оподзоленных супесчаных почвах должна быть ограничена сверху 10 % от объема мелиорируемого слоя.

Результаты экспериментальных исследований (табл. 1) свидетельствуют и о том, что в условиях низкого обеспечения оподзоленных супесчаных почв органикой внесение низинного торфа совместно с искусственно создаваемым мелиорантом наиболее эффективно. Прирост урожайности люпина узколистного на этом варианте, также как и в предыдущие годы - моркови, был максимальным.

Люпин узколистный - бобовая культура, поэтому часто используется как биологический мелиорант в качестве сидерата. Однако он очень чувствителен к микроэлементному составу почвы и в частности к молибдену и бору. Эти элементы активизируют процессы симбиотической фиксации азота. Поэтому при снижении содержания их менее 0,3 мг/кг почвы для получения устойчиво высоких урожаев культуры и достаточного накопления азота в почве рекомендуется вносить эти микроэлементы. Культура также чувствительна и к наличию калия в почве. Его достаточное содержание в почве положительно сказывается на развитии листовой поверхности и репродукции органов люпина узколистного [П.П. Вавилов с соавт., 1979].

Учитывая биологические особенности культуры и наличие указанных элементов питания во внесенном мелиоранте, можно предположить, что столь высокий эффект на четвертый год его действия обусловлен наличием этих элементов в мелиорируемой почве.

Таким образом, люпин узколистный в условиях Мещерской низменности является одной из культур, которая может эффективно использоваться в составе севооборотов на мелиорированных с использованием многофункционального мелиоранта землях; формировать на исходно бедных супесчаных подзолистых почвах довольно высокие урожаи биологической массы и зерна, обеспечивая обогащение почвы азотом и органическим веществом.

#### **Литература**

1. Вавилов П.П., Гриценко В.В., Кузнецов В.С. и др. Растениеводство. – М.: Колос, 1979. – 519 С.
2. Ключковский В.М., Петербургский А.В. Агрохимия. - М.: Колос, 1964.- 527с.- (Учебники и учебные пособия для высших с.-х. учеб. заведений).
3. Мелкозеров В.М., Нагорный Л.Д., Олейник В.В., Махновецкий А.Б., Максименко В.П., Мажайский Ю.А., Деев С.Ю., Бородычев В.В., Адьяев С.Б., Чапланова М.П. Вспененное карбамидоформальдегидное удобрение и способ его получения. - Патент РФ № 2230719, С1, 7 С 05 С 9/02 от 04 августа 2003 г. - БИПМ № 17 от 20.06.2004.
4. Кауричев И. С. Практикум по почвоведению. – М.: Агропромиздат, 1986. – 279 с.

УДК 631.6:631.164/.165

## **РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ В ФОРМИРОВАНИИ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**В.Ф. Карпович, А.В. Лысенок**

Институт мелиорации, Минск, Республика Беларусь

**Введение.** В условиях усиливающейся глобализации мирового хозяйства, внешнеэкономическая деятельность субъектов хозяйствования, внешнеэконо-

мические связи регионов, внешнеэкономические отношения страны становится одним из важнейших, постоянно действующих факторов, активно влияющим на динамику и устойчивость развития национальной экономики, катализатором внутреннего экономического роста. В настоящее время Беларусь обладает достаточным природно-сырьевым, трудовым, производственным, инфраструктурным и научно-техническим потенциалом, обеспечивающим способность национальной и региональной экономики эффективно функционировать в рамках мирового хозяйства. По степени открытости национальной экономики (соотношение объема внешней торговли и ВВП) Республика Беларусь опережает другие государства СНГ и входит в первую десятку европейских стран.

Исследование вопросов теории и практики внешнеэкономической деятельности, проблем формирования экспортного потенциала в условиях социально-экономического кризиса, нашло отражение в работах зарубежных экономистов: Д. Мида, Я. Тинбергена и Р. Манделла, М. Алама, С. Андрае, Д. Даниэльса, Т. Китимото, Р. Костера, Д. Ландау, П. Линдберта, Л. Радеба, И. Рандеса, Р. Шульхамера, М. Флемина, В. Хабтера, Р. Хормега, Л. Эрхарда и других. Различные аспекты развития внешнеэкономической деятельности в условиях переходной экономики, а также зарубежный опыт управления внешнеэкономической деятельностью, рассмотрены и обобщены в исследованиях российских и белорусских ученых А.Ш. Адухова, М.В. Баскаковой, Л.Н. Байгот, М.С. Байгот, Н.И. Васильевой, В.Г. Гусакова, З.М. Ильиной, Н.Н. Ливенцева, В.И. Лисовского, И.В. Мирочицкой, Г.П. Остапенко, В.С. Танковича, С.Л. Савина, Ю.В. Шишкова, В.Д. Щетинина и других. Вместе с тем, большинство научных исследований посвящено решению проблем регулирования внешнеэкономических отношений и связей, управлению внешнеэкономической деятельностью субъектов хозяйствования, однако практически отсутствуют работы по вопросам формирования внешнеторгового потенциала страны в сфере агропромышленного производства, что предопределило направление и цель нашего исследования.

**Тенденции развития внешней торговли продовольствием и сельскохозяйственным сырьем в Беларуси.** Республика относится к странам с индустриально-аграрной экономикой, располагающим значительными земельными и трудовыми ресурсами. Занимая в мире 0,15% территории с численностью населения 0,17%, Беларусь производит 6,24% льноволокна, 2,8% - картофеля, 0,9% - молока, 0,6% - сахарной свеклы, 0,3% - мяса в убойной массе и 0,24% зерна [1]. Дальнейшее наращивание объемов сельскохозяйственного производства и повышение его эффективности, как следует из Концепции национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь, Основных положений Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2006-2010 годы, Государственной программы возрождения и развития села на 2005 – 2010 годы, Республиканской программы «Сохранение и использование мелиорированных земель на 2006 – 2010 годы» и других актов, предполагается обес-

печить за счет реализации мероприятий по воспроизводству и повышению плодородия почв, включающих мелиорацию земель, известкование кислых почв.

Развитие агропромышленного комплекса Республики Беларусь, связано с обеспечением продовольственной безопасности страны и увеличением поставок сельскохозяйственного сырья и продовольствия на экспорт. Баланс продовольственных ресурсов, достаточных для обеспечения продовольственной безопасности и оптимального экспорта, в энергетических единицах по направлениям их формирования и расхода должен находиться в следующих пределах: собственное производство продовольствия - 80-85 %, импорт - 15-20 и экспорт - 15-20 % [1]. В настоящее время на внутренний рынок поставляется около 60% продукции перерабатывающих предприятий, что обеспечивает потребность национального рынка в продуктах питания на 95%. При этом за пределы Беларуси поставляется 49% производимых в республике молочных продуктов и около 30% мясных. К группе критического импорта относятся те виды продукции, которые в Беларуси не производятся: чай, кофе, рис, подсолнечное масло, морепродукты, цитрусовые и фрукты, пшеница твердых сортов.

Анализ внешней торговли по отдельным видам сельскохозяйственного сырья и продовольствия (зерновые культуры, льносемена, сахар, картофель, овощи) позволил выявить имеющийся внутренний потенциал для увеличения экспорта и сокращения отрицательного внешнеторгового сальдо страны, образующегося за счет критического импорта (табл. 1).

Таблица 1 – Внешняя торговля отдельными видами сельскохозяйственного сырья и продовольствия Республики Беларусь за 2005 г., тыс. долл. США

Вид продукции	экспорт	импорт	сальдо
зерновые	643	78694	-78051
льносемена	1549	-	1549
сахар	216361	98949	117412
рапс	5338	64	5274
картофель	2074	425	1649
овощи	11854	24247	-12393
итого	237819	123685	114134

Источник: Таможенная статистика внешней торговли Республики Беларусь/ Государственный таможенный комитет Республики Беларусь – Мн., 2006 г.

Как следует из таблицы 1, экспорт сельскохозяйственной продукции растениеводства за 2005 г. составил 237819 тыс. долл. США, а импорт – 123685 тыс. долл. США, что обеспечило формирование положительного внешнеторгового сальдо в размере 114134 тыс. долл. США. Однако, по ряду объективных и субъективных причин возделывание отдельных видов растениеводческой продукции в республике затруднено, либо невозможно, что ведет к вынужденному

ввозу недостающей продукции из-за рубежа, превышению стоимостного объема импорта над экспортом.

**Структура земельного фонда Беларуси.** Земельный фонд Республики Беларусь составляет 20,76 млн. га, в т.ч. 9,34 млн. га сельскохозяйственных земель, из которых 6,23 млн. га являются пахотными (рис. 1).

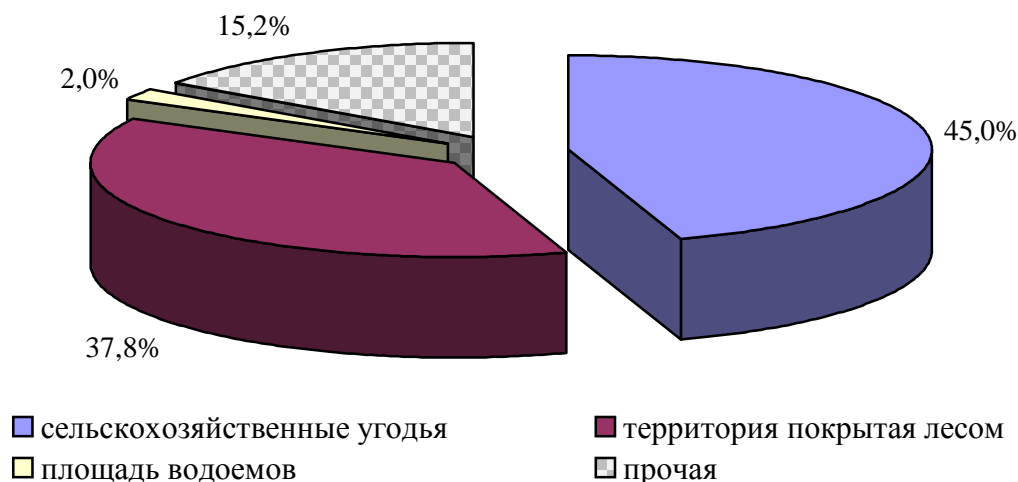


Рисунок 1 – Структура земельного фонда Республики Беларусь

Проведенный анализ использования мелиорированных земель в производстве сельскохозяйственной продукции показал, что в структуре посевных площадей 951,03 га (72,86 % общей площади мелиорированных земель) отводится под зерновые культуры и 191,93 га (14,70 %) – под картофель (табл. 2). В целом же по республике мелиорированные земли занимают около 1/3 всего земельного фонда Беларуси.

Таблица 2 – Использование мелиорированных земель в производстве сельскохозяйственной продукции, тыс. га

Вид продукции	Посевная площадь	
	всего	в т.ч. мелиорированные земли
зерновые	2314	951,03
льносемена	78	32,06
сахарная свекла	100	41,10
рапс	128	-
картофель	467	191,93
овощи	89	36,58

Источник: авторская разработка

**Производство сельскохозяйственной продукции и продовольствия.** По производству важнейших видов сельскохозяйственной продукции на душу на-



селения (мясо, молоко, яйцо, зерновые и зернобобовые, плоды и ягоды, овощи) Беларусь в последние годы является лидером среди стран СНГ.

В разных областях и хозяйствах структура посевов различна. Это зависит от погодных условий, от специфики почв, месторасположения. В то же время необходимо отметить, что рапс не выращивается на мелиорированных землях, а наибольшие площади занимают зерновые культуры [4]. Однако, на конечный результат влияют прежде всего не площади, а урожайность и валовой сбор (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность и валовой сбор сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь за 2005 г.

Вид продукции	урожайность, ц/га	урожайность на мелиорированных землях, ц/га	валовой сбор, тыс. т	валовой сбор на мелиорированных землях, тыс. т.
зерновые	27,75	30,20	6421,00	2872,10
льносемена	6,41	6,45	50,00	20,68
сахарная свекла	306,50	289,00	3065,00	1187,76
рапс	11,72	-	150,00	-
картофель	175,27	179,00	8185,00	3435,58
овощи	225,51	231,00	2007,00	844,95

Источник: авторская разработка

Валовой сбор основных видов растениеводческой продукции на мелиорированных землях составляет около 42 % общего валового сбора по республике, что позволяет рассматривать мелиорированные земли как один из важнейших национальных ресурсов обеспечивающих развитие внешнеэкономических отношений Беларуси.

**Использование мелиорированных сельскохозяйственных земель в обеспечение развития внешней торговли продовольствием и сельскохозяйственным сырьем.** Главной целью сельскохозяйственного производства с использованием мелиорированных земель является увеличение производства кормов и продукции животноводства, обеспечение в достаточном количестве населения страны собственными экологически чистыми продуктами питания, укрепление на этой основе состояния здоровья населения, а также восстановление, охрана и рациональное использование земли как источника получения сельскохозяйственной продукции. Кроме того, полученная на мелиорированных землях продукция является основой для обеспечения экспортного потенциала страны.

Однако при этом не следует забывать про погодные условия, месторасположение, плодородие почв и прочие значимые условия, обеспечивающие достижение поставленной задачи.

Рассчитаем, сколько необходимо дополнительных мелиорированных площадей для обеспечения экспорта продукции. Расчет проводим исходя из необходимого объема экспорта в натуральном выражении, урожайности на мелиорированных площадях. Полученные результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Дополнительное вовлечение мелиорированных площадей

Вид продукции	экспорт, т	урожайность на мелиорированных землях, ц/га	Необходимая площадь, га
зерновые	4007	30,2	1326,95
льносемена	5494	6,45	8517,83
сахарная свекла	481638	289	16665,68
рапс	23038	-	-
картофель	16890	179	943,58
овощи	11567	231	500,71

Источник: авторская разработка

В результате получаем, что для общего обеспечения экспорта по состоянию на 2005 год необходимо около 84714,07 га мелиорированных земель. Для сравнения, немелиорированных земель необходимо около 86699,13 га, т.е. на 1985,06 га больше.

**Заключение.** Для решения продовольственной безопасности страны необходимо изыскивать внутренние резервы, такие как мелиорация. Введение в сельскохозяйственный оборот торфяных почв резко повысило потенциальные возможности развития сельскохозяйственной отрасли региона. Высокий потенциал плодородия мелиорированных почв и наличие необходимых ресурсов позволяют рассчитывать на поступательное развитие производства. Более широкое применение мелиорации позволит увеличить экспортный потенциал республики не только за счет улучшения уже используемых земель, но и благодаря введению в эксплуатацию новых, ранее не используемых для сельского хозяйства земель.

### Литература

1. Концепция национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10 марта 2004 г. № 252
2. Таможенная статистика внешней торговли Республики Беларусь/ Государственный таможенный комитет Республики Беларусь – Мн., 2006 г.
3. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник/ Министерство статистики и анализа Республики Беларусь – Мн., 2006 г.

**РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ ПОЛЬДЕРНЫХ СИСТЕМ****Н.М. Кащенко, В.П. Ковалев**

ООО "Бюро мелиоративных технологий", Калининград, Россия

Польдерные системы нашли применение при освоении безуклонных и малоуклонных территорий, длительное время находящихся в затопленном или подтопленном состоянии со стороны водоприемника. Характерная для польдерных систем неравномерность осушения массива связана с образованием в каналах проводящей сети под воздействием откачки кривых спада, формирующих уровенный режим грунтовых вод массива [1]. Экспериментальные исследования показали, что необходимая равномерность осушения массива может быть достигнута учетом в параметрах каналов проводящей сети объемов добегающего дренажного стока к створу насосной станции.

Объемы добегающего стока от единичных дренажных систем к створу насосной станции могут быть рассчитаны с использованием генетической формулы стока, известной как интеграл Дюамеля:

$$Q(t) = \int F(t-\tau) \cdot f(\tau) d\tau \quad (1)$$

где  $F(t-\tau)$ -функция влияния, редукиции стока с осушаемого массива к створу насосной станции,

$f(\tau)$ -функция стока - функция преобразования осадков в дренажный сток,

$\tau$ -время добегающего стока от дренажной системы к створу насосной станции,  $\tau = L/V$ , с,

$t$ -максимальное время добегающего дренажного стока к створу насосной станции, с,

$L$ -расстояние от створа дренажной системы до створа насосной станции, м,

$V$ -расчетная скорость движения потока воды в открытых каналах проводящей сети, м/с.

Прямое применение интеграла Дюамеля к расчету формирования стока возможно только для линейных гидрологических систем с сосредоточенными параметрами. Определяющим признаком линейности польдерной системы, водосбор которой полностью составлен из дренажных систем, выполненных из материального дренажа, а значит имеющих жесткую внутреннюю структуру, является, кроме наличия линейного вида связи между напором на дренаже и стоком, обеспечение или наличие возможности приведения к идентичности работы всех дренажных систем водосбора.

Приведение польдерной системы к линейному виду основывается на задании в продольных и поперечных параметрах канала специального вида граничных условий в виде функции объемов добегающего стока, рассчитываемых с использованием интеграла Дюамеля. Физически это определяется размещением

под горизонтами заложения дренажа, по каналам проводящей сети, объемов добегания стока от дренажных систем до створа насосной станции, обеспечивающих непосредственную гидравлическую связь между дренажными системами и насосной станцией.

При расчете объемов добегания для отдельной дренажной системы, отдельного канала, польдерной системы в целом формулу (1) удобнее использовать в виде:

$$W_{\text{вл.эл.пл.}} = q_{\text{др.с.}i} \cdot F_{\text{др.с.}i} \cdot \tau_i, W_{\text{вл.кан.}} = \sum_{i=1}^n q_{\text{др.с.}i} \cdot F_{\text{др.с.}i} \cdot \tau_i, W_{\text{вл.польд.}} = \sum_{k=1}^m q_{\text{др.с.}i} \cdot F_{\text{др.с.}i} \cdot \tau_i, \quad (2)$$

где  $q_{\text{др.с.}i}$  - модуль стока, принятый для расчета дренажа польдерных систем, л/с·га,

$F_{\text{др.с.}i}$  - площадь единичной дренажной системы, га,

$\tau_{\text{др.с.}i}$  - время добегания от дренажной системы к створу насосной станции, с,  $\tau = L/V$ ,

$k = 1, \dots, m$  - число дренажных систем на осушаемом массиве,

$i = 1, \dots, n$  - число дренажных систем, подсоединенных к одному каналу.

Максимальное время добегания стока от дренажной системы к створу насосной станции  $t = t$  является характерным временем польдерной системы и определяет режим работы дренажа.

Использование математического моделирования в практике расчета польдерных систем позволяет осуществлять проверку влияния предлагаемых инженерных решений на их работу. Математическая модель польдерной системы состоит из уравнений фильтрации грунтовых вод, уравнений течения воды в дренах и уравнений течения воды в системе каналов, связанных между собой условиями сопряжения уровней, напоров и потоков, которые являются граничными условиями для этих уравнений и условиями баланса расходов в узлах соединения каналов.

Течение воды в канале описывается системой уравнений Сен-Венана, которая в терминах расхода  $Q$  и поперечной площади потока  $W$  имеет вид [2,3,4]:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{W} \right) = gW \left( I - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{Q|Q|}{\Theta^2} \right), \quad \frac{\partial W}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = x \quad (3)$$

где  $Q(x,t)$  - расход воды, м<sup>3</sup>/с,  $W(x,t)$  - площадь поперечного сечения, м<sup>2</sup>,  $I$  - уклон,  $h(x,t)$  - глубина, м,  $x(x,t)$  - боковой приток, м<sup>2</sup>/с,  $\Theta = WC\sqrt{R}$  - модуль расхода, м<sup>3</sup>/с,  $C = R^m/n$  - коэффициент Шези, м<sup>1/2</sup>/с,  $m \gg 1/6$ ,  $n$  - коэффициент трения, для открытых каналов  $n = 0,02 \div 0,03$ ,  $R$  - гидравлический радиус, м.

Для течений со скоростью меньшей скорости волны эта система уравнений требует задания одного граничного условия на каждом конце канала. Одним из вариантов задания граничных условий для таких скоростей течения является

задание на концах канала значений  $Q$ , которые равны производительности насоса или нулю соответственно.

Для расчета движения в дренажных трубах воды с переменной массой используется уравнение, носящее название уравнения Коновалова-Петрова, которое для напора  $h(y)$  имеет вид:

$$\frac{\partial h}{\partial y} = \frac{2a}{gw^2} q |Q| + \frac{Q|Q|}{\Theta^2} \quad (4)$$

где  $w$  – площадь сечения дрены,  $m^2$ ,  $g$  – ускорение силы тяготения Земли,  $m/c^2$

$a$  – коэффициент неравномерности продольной скорости,  $R$  – гидравлический радиус дрены,  $m$ ,  $C$  – коэффициент Шези,  $m^{1/2}/c$ ,  $\Theta = wC\sqrt{R}$  – модуль расхода,  $m^3/c$ ,

$Q$  – суммарный сток воды,  $Q = \int_y^L q(y)dy$ ,  $q$  – фильтрационный приток,

$$q = \frac{2pK_\phi}{\Phi} (H - h),$$

$F$  – коэффициент сопротивления,  $F = F_0 + F_i$ .

Это уравнение требует одного граничного условия, которое задается в точке стока в канал:  $h = h_k$ .

Фильтрация грунтовых вод описывается квазилинейным двумерным нестационарным уравнением диффузии – уравнением Буссинеска:

$$\begin{cases} (m_0 - \sum_{i=1}^n m_i) \frac{\partial H}{\partial t} = \nabla \left( \int_{H_d - kL_d}^H K_\phi(z) dz \cdot \nabla H \right) + x - \sum_{i=1}^n m_i f_i \\ \frac{\partial H_i}{\partial t} = f_i, \quad i = \overline{1, n} \end{cases} \quad (5)$$

где  $K_\phi$  – скорость фильтрации,  $m/c$ ,  $x$  – суммарный приток и отток,  $m/c$ ,

$H$  – уровень грунтовых вод,  $m$ ,  $m_0$  – коэффициент водоотдачи,  $d_i$  – диаметр капилляров,  $m$ ,

$m_i$  – относительный объем капилляров диаметром  $d_i$ ,  $K_\phi(z)$  – скорость фильтрации в зависимости от уровня  $z$ ,  $m/c$ ,  $L_d$  – расстояние между дренами,  $m$ ,

$k$  – коэффициент «висячести»,  $k = 2 \div 4$ ,  $x$  – суммарный приток и отток,  $m/c$ ,

$H_i$  – уровень воды в капиллярах диаметром  $d_i$ ,  $m$ ,  $f_i = V_{ki} \frac{H_{ki} + H - H_i}{H_{ki}}$ ,

$V_{ki}$  – скорость капиллярного подъема в капиллярах диаметром  $d_i$ ,  $m/c$ ,

$H_{ki}$  – высота капиллярного подъема в капиллярах диаметром  $d_i$ ,  $m$ .

Для капилляров диаметром  $d$  для воды с  $t = 20^\circ C$ :  $V_{ki} = 1.5 \cdot 10^5 \cdot d^2$ ,  $H_{ki} = 3 \cdot 10^{-5} / d$ .

Для этого уравнения граничные условия задаются на границах области интегрирования в виде нулевых потоков:  $\frac{\partial H}{\partial n} = 0$ , где  $n$  – координата, направленная перпендикулярно к границе, либо заданием значений стоков на границах, прилегающих, например к каналам.

Использование в расчетах кривой распределения пор по диаметрам основано на представлении о поровом пространстве, как среде, имеющей непрерывность связи пор одного диаметра между собой. Предположение о непрерывности связи между порами одного диаметра было использовано С. Нерпичем и Е. Хлопотенковым в капиллярной модели грунта при выводе зависимости коэффициента фильтрации от начального градиента напора [5].

Описанная система решается конечно – разностным методом на прямоугольной сетке, равномерной по направлению вдоль канала и неравномерной по направлению вдоль дрен с возрастающим при увеличении расстояния от канала шагом. Все уравнения решаются последовательно, затем проводятся итерации до получения заданной погрешности. Уравнение Сен–Венана (3) решается по явной схеме с разнесенными для  $Q$  и  $W$  узлами. Уравнение движения воды в дрене (4) решается численным интегрированием с итерациями по нелинейности  $Q$ . Уравнение Буссинеска (5) решается по явной схеме.

Исходя из упрощения интерпретации полученных результатов при численном моделировании, расчеты проведены для простейшего по топологии варианта польдерной системы, состоящей из канала переменного сечения длиной 50 км и расположенных перпендикулярно каналу дрен длиной 500 м. Характеристики осушаемого массива и параметры дренажа соответствуют реальному опытному участку.

Полученная в расчетах величина уклона свободной поверхности воды в канале,  $i_{кан} = 0,000004$ , при его длине 15 км и размещенными в нем под горизонтами заложения дренажа объемами добегания, вычисленными по зависимостям (1,2), можно признать приемлемым для практики расчета проектируемых польдерных систем.

Хорошее согласование данных проведенных расчетов с экспериментальными исследованиями позволяет говорить о возможности приведения польдерных систем к линейному виду (рис.1) [1].

Приведенная на рисунке 2 зависимость междренних расстояний от длины канала (площади массива осушения) указывает на существенность влияния площади осушения на параметры дренажных систем и полную взаимосвязанность в работе отдельных элементов польдерной системы.

## ВЫВОДЫ

1. Приведение польдерной системы к линейному виду основывается на задании в продольных и поперечных параметрах канала специального вида граничных условий в виде функции объемов добегания стока, рассчитываемых с

использованием интеграла Дюамеля. Физически это определяется размещением под горизонтами заложения дренажа, по каналам проводящей сети, объемов добегающего стока от дренажных систем до створа насосной станции, обеспечивающих непосредственную гидравлическую связь между дренажными системами и насосной станцией.

2. Использование математического моделирования в практике расчета польдерных систем позволяет осуществлять проверку влияния предлагаемых инженерных решений на их работу.

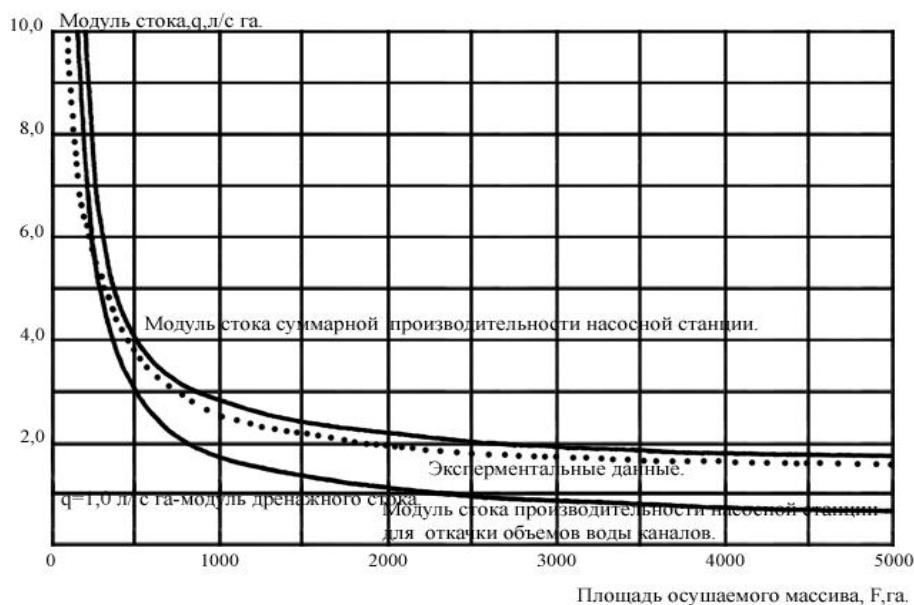


Рисунок 1 - Значения составляющих производительность насосной станции расчетной польдерной системы (1—): для откачки канала (2 - - -), дренажного стока (3 -). Производительность насосной станции польдерной системы, рассчитанная с использованием экспериментальных данных (4 -•••••)

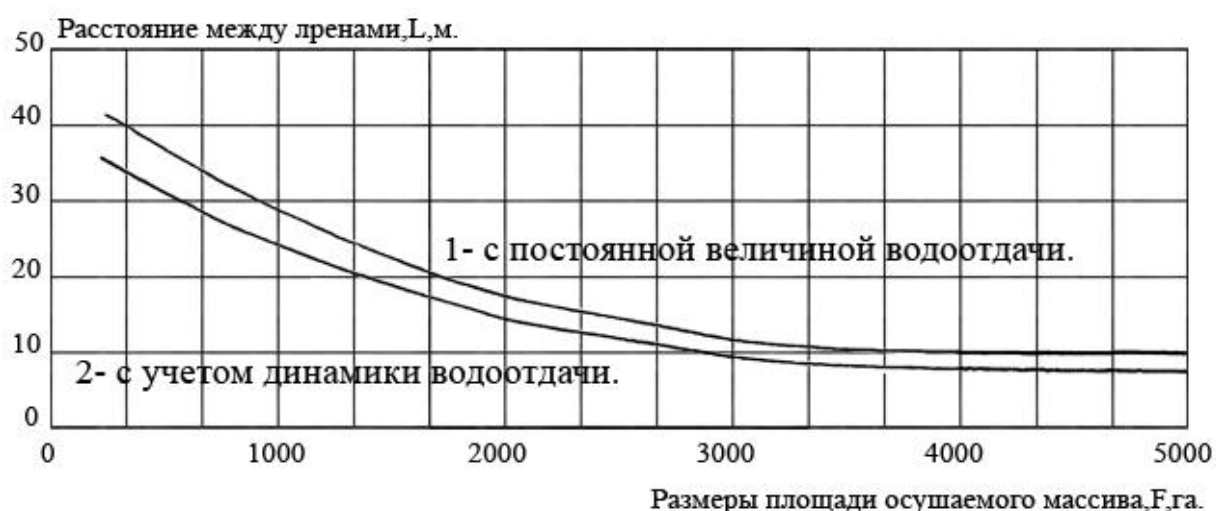


Рисунок 2 - Зависимость междреннего расстояния от длины канала (площади осушаемого массива) при модуле стока 1л/с/га в момент времени, равный времени добегающего стока (—) и аппроксимация этой зависимости  $E_{мд} = 49 \cdot L_{кан}^{-0,172}$  (•••••)

## Литература

1. Филатов В.А., Ковалёв В.П., Лобан В.И. Особенности работы незатапливаемых полдерных систем Калининградской области // Эксплуатация мелиоративных систем и использование мелиоративных земель // Сборник трудов ЛитНИИГиМ. - Елгава: Госиздат. – 1987. - с.61-71.
2. Беликов В.В., Зайцев А.А., Милитеев А.Н. Численное моделирование кинематики потока на участке неразмываемого русла. // Водные ресурсы. 2001, Т. 28. №6. С.701-710.
3. Крукиер Л.А., Муратова Г.В. Использование метода конечных разностей для решения уравнений мелкой воды. // Математическое моделирование. Т.13. № 3. 2001. Математические модели и вычислительный эксперимент. С. 57-60.
4. Музаев И.Д., Туаева Ж.Д. Два метода решения начально-краевой задачи для системы уравнений Сен-Венана // Владикавказский математический журнал. – 1999, Т.1, Выпуск 1, с.43-47.
5. Нерпин С., Хлопотенков Е. Обобщение закона Дарси для случаев нелинейной фильтрации в ненасыщенных и насыщенных грунтах. /Доклады ВАСХНИЛ.М. : Урожай. 1970. №11.

УДК 631.6

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ – ОСНОВА СОЗДАНИЯ ГАРАНТИРОВАННОЙ КОРМОВОЙ БАЗЫ**

**Л.В. Кирейчева**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Существующее состояние мелиоративных систем и мелиорируемых земель в России, а также достижения мелиоративной науки требует нового подхода, новой идеологии развития комплексных мелиораций в нашей стране. Начиная с 90-х годов XX века, стали трансформироваться цели и задачи сельскохозяйственной мелиорации. Наряду с традиционными задачами – улучшение показателей природной среды для интенсификации сельскохозяйственного производства, назрела острая необходимость восстановления деградированных мелиорированных земель, сохранения и повышения почвенного плодородия как национального богатства и стратегического ресурса. В 1980-е годы мелиорированные земли обеспечивали свыше 16% стоимости всей продукции растениеводства, включая производство грубых и сочных кормов.

Социально-экономические трудности переходного периода стали причиной длительного экономического кризиса в сельском хозяйстве. Децентрализации сопровождалась уменьшением государственной поддержки сельского хозяйства и мелиоративной отрасли. Государство на своем балансе оставило только крупные гидротехнические сооружения и системы, как стратегические объекты национальной безопасности, внутривладельческая сеть перешла в пользование регионов и отдельных хозяйств, которые оказались не готовы эф-



эффективно использовать ранее мелиорированные земли и эксплуатировать мелиоративную сеть. За 10 с небольшим лет из оборота выбыло 2,2 млн. мелиорируемых угодий, да и оставшиеся земли используются не всегда эффективно. В условиях полного или частичного отсутствия эксплуатации мелиоративных систем опасные размеры приобрели процессы зарастания осушенных земель кустарником и мелкоколесьем, на значительных площадях отмечаются процессы переувлажнения, вторичного заболачивания и закочкаривания. В орошаемой зоне в связи с физическим и моральным старением основных мелиоративных фондов, отсутствием необходимого количества дождевальнoй техники площадь неполиваемых земель увеличилась к 2005г. до 2,12 млн. га, что составляет 47% от общей площади орошения /4/ (Мелиоративный кадастр, на 1.01.2005г.). Все это привело не только к недобору продукции растениеводства, но и снижению плодородия почв и развитию деградационных процессов на мелиорированных землях.

Создание и функционирование мелиоративного комплекса – дорогостоящее мероприятие. Особенно большие расходы несут мелиоративные организации в орошаемой зоне на подачу электроэнергии. По данным ВолжНИИГиМ, затраты на электроэнергию при орошении составляет 58% от общих затрат. Отсюда возникает проблема поиска наиболее эффективных направлений использования существующих мелиорированных земель и разработки стратегии расширения мелиорируемых площадей в перспективе.

Первый этап в возрождении мелиорации – сохранение и восстановление существующих мелиоративных объектов, систем и сооружений и повышение плодородия мелиорированных земель. На основе всестороннего анализа существующего социального развития территории, технического уровня оросительной системы, продуктивности и мелиоративного состояния земель, хозяйственной деятельности и экологической обстановки должна быть выполнена оценка необходимости проведения комплексной реконструкции действующей системы или ее отдельных элементов. Реконструкция должна обеспечить перевод системы на новый технический и технологический уровень, обеспечивающий рациональное природопользование и охрану окружающей среды. Оросительные системы должны обеспечивать водооборотные технологии с технологическими узлами по очистке и обессоливанию дренажных вод, подготовке и внесению удобрений, средств защиты растений с оросительной водой. Для систем, использующих на орошение сточные воды – возможность циклической подачи сточных и природных вод на орошаемую площадь. Для осушительных систем – возможность двустороннего комплексного регулирования водно-воздушного, теплового и питательного режимов почв. Вопросы экологии и ресурсосбережения должны стать приоритетными при проведении работ по реконструкции и модернизации систем.

Важная задача – определить эффективное направление использования существующих мелиорированных земель. За годы реформ резко снизилось внесение минеральных и органических удобрений: в 1985-90гг. вносилось 85-88 кг д.в./га минеральных удобрений, к 2001г. – всего 7,9 кг д.в./га; органических удобрений в 1985-90гг. вносилось по 3,5-3,6 т/га, а в 1999г. – всего 0,9 т/га. Только на 2,9% от общей посевной площади, 97,1% этих площадей органики не получили вообще /5/. В настоящее время дефицит органических удобрений составляет 87%. Это привело не только к снижению урожайности, но и к деградации почвенного покрова, поэтому одной из актуальнейших задач является повышение их плодородия и улучшение мелиоративного состояния.

Решить проблему обеспечения страны конкурентоспособной продукцией и сельскохозяйственным сырьем возможно только за счет развития производительных сил АПК. В новых социально-экономических условиях государственная агропромышленная политика должна обеспечить конкурентоспособность использования мелиорируемых земель, что может быть достигнуто только при условии адаптации мелиоративной деятельности к новым условиям землепользования и рыночных отношений. Это комплексный процесс, требующий изменения существующей инфраструктуры, организационной системы и законодательной базы. Современная мировая тенденция к децентрализации и приватизации мелиоративных систем приобрела первостепенную важность в период, когда аграрный сектор претерпел фундаментальные изменения. Однако, агрополитические решения, правильные для других стран, требуют специального пристального изучения с точки зрения того, как они отразятся в будущем на сельском хозяйстве России и ее населении.

Создание организационно-экономической структуры, как частно-государственной, социально-ориентированной, объединяющая власть, агробизнес и научно-производственный потенциал, позволит интегрировать на новом социально-экономическом уровне материальные потоки и ресурсы государства и производителей сельхозпродукции на мелиорированных землях для устойчивого производства высококачественных продуктов питания и кормов для животноводства, а также обеспечит расширенное воспроизводство почвенного плодородия. Эффективность использования мелиорированных земель во многом зависит от государственной поддержки мелиоративного сектора АПК. Для больших мелиоративных систем, целесообразно сохранить централизованное управление, существующие инфраструктуры и государственную поддержку, что предотвратит их деление на части, а, следовательно, обеспечит эффективное функционирование. Для небольших мелиоративных систем необходимы изменения в распределении ответственностей в сфере их эксплуатации и техобслуживании, а это может привести к перераспределению прав собственности на мелиоративные инфраструктуры внутривладельческого уровня путем создания различных ассоциаций.

Стратегическим направлением использования существующих мелиорированных земель является создание гарантированной кормовой базы и обеспечение населения овощной продукцией. Актуальным лозунгом на современном этапе развития должен стать «Мелиорация для создания гарантированной кормовой базы России».

В России численность поголовья КРС только за три года (1997-1999гг.) сократилось с 31,52 до 28,0 млн. голов, а в 2004г. поголовье крупного рогатого скота упало до 23 млн. голов. Собственное производство мяса с 1990 по 1999гг. снизилось с 10100 тыс. т до 4313 тыс. т, т.е. в 2,34 раза, это связано с резким сокращением производства кормов. В 2004 г. произведено и реализовано 35 кг мяса в убойном весе на душу населения. Объем кормов сократился с 79,2 млн. т в 1986-1990гг. до 35,7 в 1995-2000гг., как правило, за счет снижения урожайности основных кормовых культур на мелиорированных землях/5/. С 2001 по 2004гг. продолжается снижение заготовки грубых и сочных кормов (рис.1) /7/.

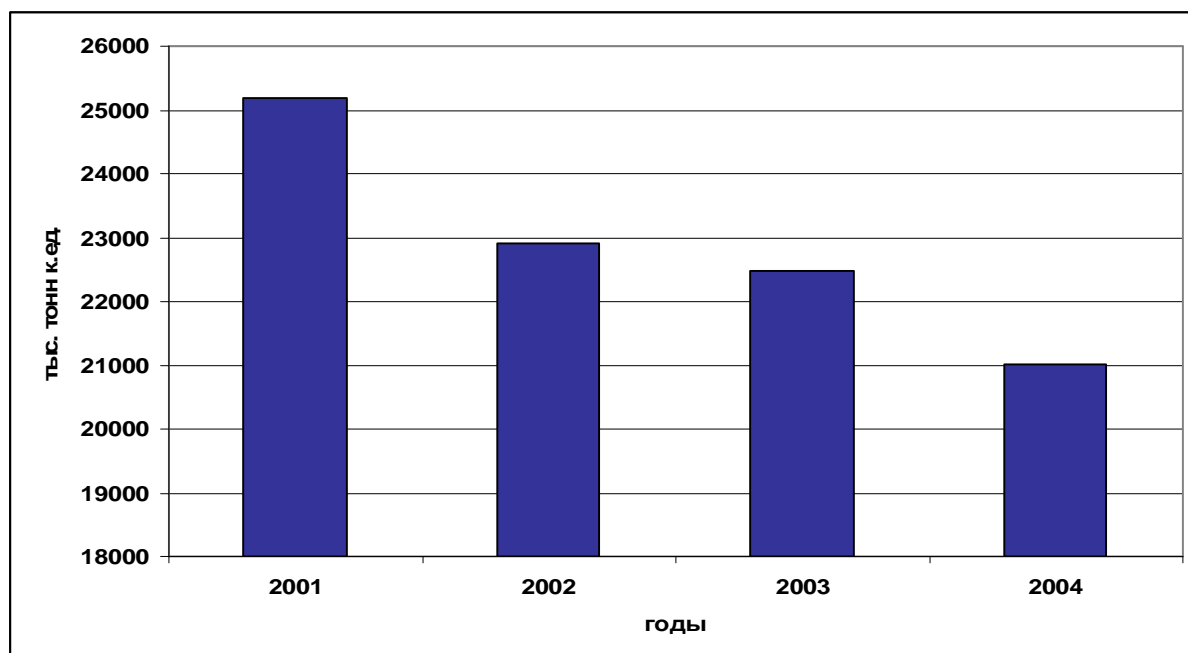


Рисунок 1 - Всего заготовлено грубых и сочных кормов в России /7/

Это связано не только с уменьшением площадей, занятых кормовыми культурами, но и снижением их урожайности. Динамика изменения урожайности кормовых культур на примере ОПХ ГУ ВолжНИИГиМ приведена на рисунке 2 /6/.

Из диаграммы видно, что в степной и сухостепной зонах возможно получать до 8 т к.ед. на гектар орошаемой площади. В гумидной зоне посев многолетних трав может обеспечить получение 4-6 т к.ед./га. Наиболее эффективно использовать заросшие осушенные сельскохозяйственные угодья под создание культурных пастбищ и сенокосов.

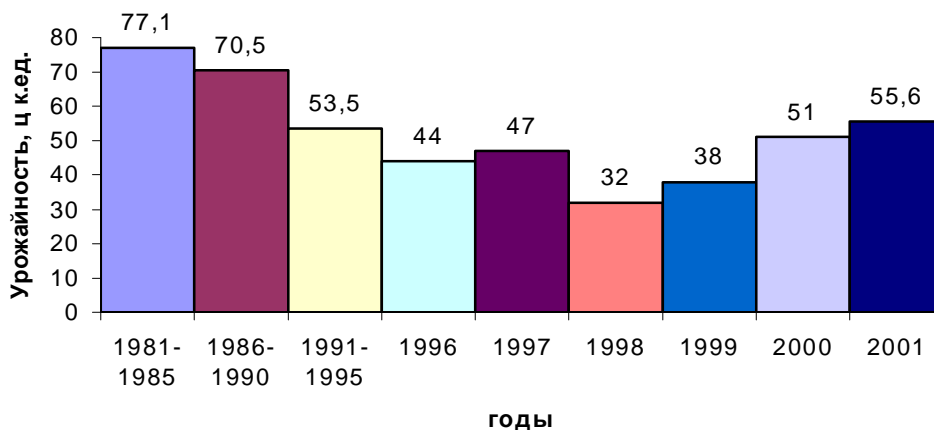


Рисунок 2 - Динамика изменения урожайности кормовых культур в ОПХ ВолжНИИГиМ /6/

В настоящее время Россия сильно отстает по развитию животноводства от стран Центральной и Восточной Европы, где количество голов КРС на 100 га сельскохозяйственных земель составляет 29,9, а в России не превышает 15. Для обеспечения продовольственной независимости нашей страны необходимо не только восстановить поголовье КРС, но и обеспечить расширенное воспроизводство, что требует создания гарантированной кормовой базы. В условиях России это возможно осуществить только на мелиорированных землях, где приоритет должен быть отдан кормовым культурам. Применение на мелиорированных землях многолетних трав позволит не только обеспечить эффективное функционирование мелиоративных систем, но и поднять плодородие почв. Например, по данным ВолжНИИГиМ для Саратовской области установлено, что в структуре мелиорированных площадей под кормовые культуры необходима площадь не менее 65%, под зерновые – до 25%, для овощей и картофеля – 6% и под технические культуры (приоритет сои) – 4%. Наиболее эффективны при орошении многолетние травы и их смеси, удельный вес которых должен быть не менее 50%.

Вторым этапом в решении проблемы продовольственной безопасности России - расширение мелиорированных площадей путем строительства мелиоративных систем нового поколения. В «Концепции развития комплексных мелиораций...» /4/, показано, что для устойчивого развития сельского хозяйства площадь орошаемых земель при их продуктивности 7 тыс. кормовых единиц составляет 12 млн. га, а с учетом обеспеченности различных регионов водой ограничивается 10, 1 млн. га. Объем получаемой с орошаемых земель продукции должен увеличиться до 70-80 млн. т к.е. при удельном весе в структуре посевных площадей: зерновых – 25-30%, кормовых 60-65, овощей и картофеля 5-6, технических культур – 4-5%. По оценкам специалистов площадь осушенных земель должна составлять не менее 7-8 млн. га. Таким образом, площадь ме-

лирированных земель в России должна быть доведена до 17-18 млн. га, т.е. увеличиться почти в 2 раза по сравнению с существующей /4/.

Важным моментом является обеспечение предпосылок для максимальной реализации научно-технических достижений. Уже сейчас разработанные наукоемкие технологии позволяют получать на орошаемых землях до 10 и более т к.е./га, на осушенных 3,5-4,5 т к.е./га при сохранении благоприятной экологической ситуации. Создание ассоциаций ученых различных областей в сфере АПК позволит не только решать в сжатые сроки сложные научно-технические и экономические задачи, но и обеспечить быстрое внедрение их решений в производство. Для этого в составе Корпорации необходимо иметь сеть инновационных центров по основным сферам деятельности АПК.

Таким образом, концентрация ресурсов, капитала и интеллектуального потенциала в АПК имеет реальный шанс решить проблему создания гарантированной базы кормопроизводства и национальной продовольственной безопасности России.

#### **Литература**

1. Губер К.В. Основные направления создания оросительных систем// Мелиорация и водное хозяйство, 2002 №5
2. Дринча В.М. Концептуальные и методологические аспекты стратегии развития механизации сельского хозяйства. – М.: Россельхозакадемия, 2003.
3. Кирейчева Л.В. Экологические основы комплексной мелиорации агроландшафтов // Мелиорация и водное хозяйство, 2002 №5
4. Концепция развития комплексных мелиораций и повышения продуктивности орошаемых земель России. РАСХН, Волгоград 2001.
5. Пушко М.И. Современное состояние российского сельского хозяйства. Сб. трудов ВолжНИИГиМ, Саратов 2002.
6. Шадских В.А., Липилина Г.Ф. Экономическая эффективность с.-х. производства на орошаемых землях хозяйств Саратовской обл. Сб. трудов ВолжНИИГиМ, Саратов 2002.
7. Агропромышленный комплекс России в 2004г. -М. 2005.

УДК 631.6:504.54

### **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-СОВЕТУЮЩИХ СИСТЕМ ДВУСТОРОННЕГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ**

**Н.Г. Ковалёв, В.Н. Зинковский, Т.С. Зинковская**  
ГНИУ ВНИИМЗ, Тверь, Россия

Системы двустороннего действия позволяют в зависимости от климатических условий регулировать влажность почвы в корнеобитаемом слое, имея определённый источник снабжения водой для покрытия дефицита влаги в почве. Конструктивно такая система кроме удовлетворения биологических требований возделываемых культур должна создавать условия для производства максимального количества продукции при наименьших затратах на дополнительное

увлажнение, обеспечивать высокую производительность труда путем автоматизации управления водным режимом, не допускать отрицательных экологических последствий на мелиорируемых массивах.

Как показала практика 1980-90-х годов, осушительно-увлажнительные системы обеспечивают получение высоких и устойчивых урожаев наиболее отзывчивых на орошение культур, что в сравнении с чисто осушительными системами значительно увеличивает чистый доход хозяйств. В Нечерноземной зоне РСФСР прибавка урожая разных культур на системах двустороннего регулирования водного режима на минеральных почвах составляла 20...60 %.

Оперативного и высокоэффективного снабжения культурных растений водой в период их вегетации можно достичь только при автоматизации управления водным режимом мелиорируемых земель.

Согласно современным требованиям производства **автоматизированные системы управления (АСУ)** должны не только обеспечивать сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления в различных сферах человеческой деятельности, а, производя распознавание состояния объекта управления, выдавать и реализовать через соответствующие устройства ЭВМ управляющие воздействия на рабочий объект.

АСУ классифицируются как информационные, информационно-советующие и управляющие. Основное назначение информационной системы заключается в обеспечении оператора необходимой информацией, представленной в удобном для использования виде. Управляющая система отличается от информационно-советующей тем, что вырабатываемые ЭВМ советы могут быть реализованы через управляющие органы без вмешательства человека.

**В информационно-советующей системе** информация о функционировании объекта управления и состоянии внешней среды, поступает на ЭВМ. Последняя, используя комплекс программ, должна обрабатывать информацию по заданным алгоритмам. Результаты обработки в удобном для восприятия оператором виде поступают на выводное устройство в виде совета. Оператор использует эту информацию и с учетом дополнительных сведений, поступающих по другим (помимо АСУ) каналам и вырабатывает варианты управляющих решений. Наличие обратной связи за счёт фиксации в памяти ЭВМ принимаемых решений придает системе свойства самообучающейся АСУ.

Таким образом, информационно-советующая система наряду с выдачей информации и фиксацией необходимых характеристик объекта и процессов, т. е. выполнением функций информационной системы, должна подготавливать определенные предложения и рекомендации оператору. При этом окончательное принятие решений остается за человеком (отсюда термин «информационно-советующая система»).

Для различных уровней управления разрабатываются соответствующие АСУ, начиная от управления отдельным технологическим процессом (АСУТП), комплексом технологических процессов, производством, отраслью и т.д.

Системы двустороннего регулирования водного режима наряду с осушением должны обеспечивать необходимое увлажнение полей в периоды засух. Такие системы позволяют регулировать водопотребление культурных растений в соответствии с их биологическими требованиями и гарантируют получение планируемых урожаев независимо от погодных условий.

В применении к управлению технологиями двустороннего регулирования водного режима почв при возделывании сельскохозяйственных культур, информационно-советующая система (ИСС) строится по следующей схеме (рис. 1):

Состав и конструкция осушительно-увлажнительной системы зависят от принципа увлажнения (1):

дождевание - подача воды осуществляется дождевальными устройствами путем разбрызгивания;

подпочвенное и внутрпочвенное увлажнение обеспечивает кратковременное насыщение корнеобитаемого слоя почвы, повышение уровня грунтовых вод или капиллярное подпитывание почвы грунтовыми водами (при внутрпочвенном увлажнении вода подается непосредственно к корням растений);

поверхностное увлажнение — вода в корнеобитаемый слой поступает с поверхности почвы.

Каждому принципу отвечает один или несколько способов увлажнения, которые зависят также от свойства почвы, рельефа местности, сельскохозяйственного использования осушаемых площадей и др. Способ увлажнения определяет вид осушительно-увлажнительной системы и ее конструкцию.

При подпочвенном увлажнении применяют следующие способы увлажнения: шлюзование одиночного открытого канала, шлюзование каналов с кротовым дренажем, шлюзование закрытого материального дренажа, а также комбинированный способ увлажнения, при котором шлюзование используют совместно с дождеванием. Общий недостаток этих способов: недостаточная оперативность управления водным режимом почвы вследствие значительной инерционности подъема и спада уровня грунтовых вод (5. ..10 см/сут) и существенная неравномерность увлажнения.

Осушительно-увлажнительные системы, состоящие из закрытого дренажа и устройств для дождевания, наиболее совершенны для любых почв и при всех культурах севооборотов, независимо от рельефа местности. Применение этих систем способствует продуктивному использованию запасов влаги и позволяет оперативно управлять водно-воздушным режимом осушаемых земель. При дождевании почва увлажняется на небольшую глубину, что способствует лучшему усвоению растениями питательных веществ и вносимых удобрений.

В качестве проводящей сети для увлажнителей могут быть использованы нагорные или ловчие каналы. На площади, осушаемой редкими глубокими каналами, водоисточником может служить один из них, ограничивающий осушаемый участок.



Рисунок 1 - Схема ИСС управления технологиями двустороннего регулирования водного режима почв при возделывании сельскохозяйственных культур



Наиболее экономичны дождевальные системы увлажнения, в которых проводящие трубопроводы устраивают стационарными, а распределительные - передвижными. В качестве передвижных элементов увлажнительной сети целесообразно применять гибкие водоводы. Осушение здесь осуществляется закрытым дренажем, подача воды - по стационарному трубопроводу, к которому с помощью гидрантов присоединены гибкие водоводы.

При намеченных в стране широкомасштабных работах по реконструкции и совершенствованию гидромелиоративных систем в определённых условиях необходимо осуществлять постепенный переход на двустороннее регулирование водного режима почв (осушение + орошение). Эта проблема актуальна не только для Нечернозёмной зоны России. Значительные площади осушаемых и требующих осушения земель находятся в других регионах страны, в том числе в аридной зоне. С другой стороны, интенсивно возрастающие площади вторичного засоления орошаемых площадей нуждаются в скорейшем строительстве универсальных дренажных систем, которые с одной стороны предотвращают опасный подъём грунтовых вод, с другой стороны обеспечивают удаление солей из активного слоя при промывке почвы.

В связи с широким ареалом возможного применения систем двустороннего регулирования водного режима почв, базы данных в информационно-советующей системе должны содержать необходимую для расчётов информацию как для гумидной, так и для аридной зоны.

Выбор оптимальной для данного участка конструкции системы двустороннего регулирования, все расчёты для её строительства с технико-экономическим обоснованием проекта после необходимых изысканий должны производиться проектными организациями по соответствующим программам, разрабатываемым для этих целей.

Руководством для проектирования систем двустороннего регулирования водного режима почв могут служить различные пособия, в разное время издаваемые в стране. Программное обеспечение в области проектирования мелиоративных систем разрабатывается специалистами, в совершенстве владеющими технологиями проектных работ и разработками технико-экономического обоснования объектов.

В последние годы всё большее распространение получают геоинформационные технологии (ГИС-технологии), которые позволяют повысить качество и эффективность решения ряда управленческих, технических и технологических задач при существенном снижении совокупных затрат на выбор рациональных вариантов. В настоящее время ведутся интенсивные исследовательские работы по расширению области применения таких технологий в рамках создания системы поддержки принятия решений (СППР), в том числе в области мелиорации (2). Обязательным условием эффективного применения ГИС-технологий является наличие достоверной информации о состоянии объектов управления, полу-

чаемой в реальном масштабе времени, должным образом формализованной и обработанной.

По утверждению авторов, (2) ГИС-технологии с использованием спутниковой связи при существенно меньших экономических затратах целесообразно использовать при выполнении работ по подготовке заданий на проектирование мелиоративных объектов с необходимыми ГЭО предпроектных изысканий в районах строительства, вариантных проработок проектно-конструкторских решений, требующих геодезической и иной привязки к объекту строительства, работ по выносу в натуру проектов нового строительства или реконструкции мелиоративных систем.

#### **Литература**

1. Ерхов Н.С., Дьяченко А.Е., Ильин Н.И. Мелиорация. – М.: Агропромиздат, 1988.
2. Щедрин В.Н., Бочкарёв В.Я. Перспективы использования ГИС-технологий в системе управления мелиоративной отраслью. //Мелиорация и водное хозяйство, №2, 2002.

УДК 631.5

## **ТИПИЗАЦИЯ И ГРУППИРОВКА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ**

**Н.Г. Ковалев, Д.А. Иванов, А.А. Смирнов, О.Н. Анциферова**  
ГНИУ ВНИИМЗ, Тверь, Россия

Переувлажненные осушаемые земли входят в группу переувлажненных земель агроэкологической типизации, разработанной В.И. Кирюшиным (1). Для развития теории и практики мелиоративного земледелия необходимо дальнейшее дробление этой группы с выделением разновидностей осушаемых земель, различающихся по характеру и величине природного потенциала, по ландшафтно-дифференцированным условиям решения разноуровневых прикладных задач. Типизация должна способствовать разработке методов, средств и приемов мобилизации природного потенциала переувлажненных осушаемых земель. Степень типизационного дробления должна быть достаточной, для адаптации к особенностям выделяемых разновидностей, отдельных технологических операций, а группировка разновидностей должна обеспечивать разработку адаптационных решений по отдельным агротехнологиям, элементам системы земледелия и системы земледелия в целом.

Одним из главных критериев выделения разновидностей переувлажненных осушаемых земель является учет их природной разнопригодности для сельскохозяйственного использования. Типизация осушаемых земель состоит из трех таксономических уровней.

Макроуровень типизации можно назвать «подгруппой земель». Подгруппа переувлажненных осушаемых земель – территориальный макрокомплекс с господством переувлажненных земель, характеризующийся единым генезисом рельефа и почвообразующих пород. Выделение подгруппы осуществляется на основе изучения сочетаний важнейших компонентов ландшафта и, прежде всего, типов водного питания территории, почвообразующих пород, почв, рельефа, растительных ассоциаций.

Подгруппы земель делятся на «типы земель» - территориальные мезокомплексы с господством переувлажненных земель, приуроченные к конкретным элементам мезорельефа и характеризующиеся господством одного типа водного питания. Типы переувлажненных земель выделяются на основе учета различий характера, степени и сроков избыточного увлажнения почв.

«Виды земель» - составные части типа земель, занимающие часть элемента мезорельефа или форму микрорельефа и характеризующиеся единством геохимических процессов и степени заболоченности почв. В качестве основных отличительных признаков вида земель приняты гидроморфизм почв и характер микрорельефа.

В условиях совокупности подгрупп земель, которая может располагаться либо в пределах административной единицы (области, республики), либо в пределах агроэкологического раздела (ландшафтной провинции), либо почвенно-географической провинции разрабатывается зонально-провинциальный агрокомплекс, который для условий агроэкологического раздела совпадает с региональной системой земледелия (РСЗ).

В условиях совокупности типов земель, образующих агроландшафт, проводится внедрение ландшафтно-мелиоративной системы земледелия. В условиях совокупности видов земель разворачивается севооборот. В пределах конкретного вида переувлажненных осушаемых земель размещается поле севооборота.

В типизации переувлажненных осушаемых земель насчитывается пять подгрупп земель: «ополье», «полесье», «крупнохолмистые равнины», «долины рек», и «болотные массивы» и 19 типов земель. В условиях ополей, полесий и крупнохолмистых равнин кратко эти типы можно обозначить как «плоские вершины», «склоны», «межхолмные депрессии» и «пониженные равнины». В условиях «речных долин» для обозначения типов можно применять названия «прирусовая пойма», «центральная (зернистая) пойма», «притеррасная пойма». В условиях «болотных массивов» используют названия «верховые торфяники», «переходные торфяники», «низинные торфяники».

Агроэкологическая группировка подгрупп, типов и видов переувлажненных осушаемых земель – начальный этап процесса адаптации сельскохозяйственного производства к ландшафтным условиям мелиорированных земель. Она может быть осуществлена разнообразными методами, что позволяет наиболее

полно адаптировать элементы производства к условиям ландшафта и требованиям культуры. Она позволяет выделять территории с относительно однородными экологическими условиями в пределах хозяйств и проектировать для них мероприятия по комплексной мелиорации и адаптации производства и, тем самым, является важным инструментом в процессе повышения экологической устойчивости агроландшафтов.

Группировка подгрупп переувлажненных осушаемых земель может производиться в пределах хозяйств, характеризующихся сильной ландшафтной неоднородностью в случае необходимости единого производственного использования всей его территории. Наиболее близки по экологическим условиям подгруппы крупнохолмистых и опольных переувлажненных осушаемых земель. В пределах одного хозяйства некоторые элементы системы земледелия (севообороты, системы питания и защиты растений) в этих подгруппах земель могут быть одинаковыми. Однако для сближения экологических условий этих подгрупп необходимо дифференцированно проводить осушительные, агромелиоративные и культуртехнические мероприятия. В опольях на первый план выходит борьба с эрозией почв и просадочными явлениями, а в крупнохолмистых ландшафтах – с закамененностью и заболоченностью почв.

Объединение вышеприведенных геокомплексов с ландшафтами полесского типа осуществляется значительно труднее, вследствие сильного различия их экологических условий. В пределах хозяйства, где эти агрогеосистемы занимают большие площади, едиными могут быть только отдельные звенья севооборотов, в то время как степень их биологизации, сидеральные и промежуточные культуры будут различаться. Все остальные элементы системы земледелия будут индивидуальными для каждой подгруппы земель. Крупные болотные массивы и долины рек практически не могут быть сгруппированы друг с другом и с вышеописанными подгруппами земель.

Все типы земель в пределах одной подгруппы могут быть включены в единый производственный массив только в случае применения комплекса мелиоративных мероприятий, сглаживающих экологические различия между ними. Это целесообразно только при сильной интенсификации производства. Создание группировки плоских вершин и склонов предполагает включение их в единый севооборотный массив с соблюдением правил почвозащитного земледелия, а также регуляции поверхностного и внутрипочвенного стока. В случае экстенсивного или малоинтенсивного производства вершины и склоны могут характеризоваться единством отдельных звеньев севооборота, при этом все остальные элементы системы земледелия будут различаться.

Возможно создание единой группировки плоских вершин, склонов и пониженных равнин, однако, для того, чтобы в их пределах был развернут единый севооборот, необходимо применять целый комплекс мелиоративных и агромелиоративных мероприятий. В случае снижения степени интенсификации

производства, едиными для всех типов будут либо звенья севооборотов, либо отдельные культуры. При экстенсивном ведении производства объединение этих типов земель невозможно. Межхолмные депрессии, как правило, не могут быть объединены в производственный массив с другими типами переувлажненных осушаемых земель.

Виды осушаемых земель, в пределах конкретных типов, могут быть сгруппированы различными способами, которые подразделяются на три совокупности:

- 1 - группировка по эколого-эдафическим параметрам местоположений;
- 2 - группировка по эколого-биологическим особенностям требований растений;
- 3 - группировка на основе типизации переувлажненных осушаемых земель.

Эти три подхода не противоречат друг другу. На основе способов, отнесенных к первой совокупности, выделяются сравнительно крупные территории, однородные в эколого-мелиоративном отношении. В пределах этих территорий, объединяющих сравнительно большое количество видов земель, проводятся однотипные мелиоративные мероприятия.

Группировка видов земель по эколого-эдафическим параметрам может быть осуществлена на количественной и качественной основе. Качественные группировки основываются на результатах экспертного анализа состояния компонентов агрогеосистем в целом. Смежные виды земель, характеризующиеся близкими балльными оценками, объединяются в производственные массивы. Визуализация результатов качественного объединения видов в группы осуществляется с помощью ГИС-технологий.

Группировка на количественной основе может быть как однофакторной, так и многофакторной. Однофакторные группировки осуществляются на основе статистического анализа пространственной или временной вариабельности определенных параметров компонентов природной среды. Наиболее приемлем кластерный анализ и дисперсионный анализ. Многофакторные группировки в основном осуществляются на основе метода главных компонент, при этом объединяются в одну группу виды, характеризующиеся близкими значениями весов, как правило, главной (первой) компоненты, однако, для определенных целей (например, мелиоративного строительства) для группировки выбирается компонента, несущая интересующую проектировщика информацию. При выборе в качестве основного критерия группировки не главной (первой) компоненты необходимо учитывать то обстоятельство, что вторая, а тем более третья компонента включают в себя гораздо меньше информации. В этом случае критерии группировки дополняются качественными характеристиками. Учет при группировке трех главных компонент не всегда целесообразен, так как группировка видов, получаемая при этом, будет, как правило, излишне дробной.

Территории, выделяемые на основе второй совокупности способов, как правило, более мелкие, чем вышеописанные. Они являются их составными частями и характеризуются однотипностью адаптивных реакций культуры на ландшафтно-мелиоративные условия конкретного выдела.

Группировка видов земель по эколого-биологическим особенностям требований растений осуществляется качественным и количественным путем. Качественная группировка производится на основе сравнения экологических требований к условиям местоположения конкретных сортов сельскохозяйственных растений, определенных в ходе сортоиспытаний, с экологическими особенностями конкретного вида земель. В группу объединяются виды земель, благоприятные для выращивания этой культуры или сорта. Возможно присоединение к этой группе таких видов земель, которые будут иметь благоприятные для этого растения характеристики после мелиоративного воздействия.

Группировка видов земель на основе количественных подходов осуществляется методами: 1 - программирования урожая; 2 - выделения агроэкологически-однотипных территорий (АОТ). Следует отметить, что для каждой культуры (а, зачастую, и для сорта) создается отдельная группировка видов земель. Группировка видов земель для размещения конкретного севооборота создается при совмещении карт оптимального размещения составляющих его культур.

Методика программирования урожаев изложена в работах И.С. Шатилова и М.К. Каюмова (5, 8). Практическое применение этого метода для группировки территорий дано в работах В.И. Кирюшина (1, 6). Суть метода заключается в определении (прогнозе) урожая конкретной культуры на основе расчетов по формулам, учитывающим многие агроэкологические особенности местоположения. В единую группировку объединяются виды земель с близкими значениями прогнозируемых урожаев культуры.

Методика выделения агроэкологически-однотипных территорий описана в работах А.А. Жученко (2). Суть подхода заключается в определении, методом дисперсионного анализа, территорий со статистически не значимой пространственной вариабельностью урожайности культуры. Все виды земель, характеризующиеся близкой урожайностью, объединяются в единую группу. Данный метод основан на детальном учете рекогносцировочных посевов культур в пределах больших площадей. Он осуществим в пределах опытных полигонов НИИ. Результаты группировки могут быть перенесены в условия хозяйства только после тщательного изучения его ландшафтной обстановки, которое позволит выявить территории, близкие по устройству к исследовательскому полигону.

Для производственных целей вполне допустимо объединять в едином севооборотном массиве все виды земель, входящие в один тип. Однако при этом необходимо учитывать экологические особенности видов и разрабатывать для каждого из них конкретный комплекс агро-мелиоративных и технологических мероприятий. На основе группировок, полученных вышеприведенными мето-

дами, возможно разрабатывать: 1 - подходы к оптимизации соотношения угодий в агроландшафтах; 2 - способы комплексной мелиорации агроландшафтов; 3 - системы севооборотов, обработки почв, питания и защиты растений и т.д.

Следует выделить два подхода к группировке видов земель для целей комплексной мелиорации. 1 - однофакторный подход, при котором за критерий объединения видов земель выбирается фактор, который необходимо изменить с помощью мелиорации (например, влажность почв). Для целей комплексной мелиорации создается несколько группировок по разным факторам, которые затем сопоставляются друг с другом с помощью ГИС-технологий, либо экспертным путем. 2 - многофакторный подход, осуществляемый вышеописанными методами. При разработке мероприятий по адаптации элементов системы земледелия к ландшафтным условиям хозяйства различают два вида группировок – «узкую» и «широкую». В ходе «узкой» группировки объединяются виды земель, экологические условия которых изначально соответствуют требованиям растений, при «широкой» группировке к ним добавляются те виды земель, экологические условия которых можно приспособить к требованиям растений путем комплексной мелиорации.

#### **Литература**

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. / Методическое руководство под редакцией академика РАСХН В.И. Кирюшина, академика РАСХН А.Л. Иванова. ФГНУ «Росинформагротех», -М., 2005.
2. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция). Пушино, 1994, -148 с.
3. Каштанов А.Н. Щербаков А.Т. и др. Ландшафтное земледелие. Часть 2. / Методические рекомендации по разработке ландшафтных систем земледелия в многоукладном сельском хозяйстве. Курск, 1993.
4. Каштанов А.Н., Лисецкий Ф.Н., Швец Г.И. Основы ландшафтно-экологического земледелия. -М.: Колос 1994
5. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур: Справочник . - М.: Росагропромиздат, 1989. 2 изд.
6. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. -М.:Колос, 1996.
7. Ковалев Н.Г., Ходырев А.А., Иванов Д.А., Тюлин В.А. Агроландшафтоведение. – Москва-Тверь. – 2004.
8. Шатилов И.С. Научные основы программирования урожая сельскохозяйственных культур. -М., 1978.

УДК 633.18.631.584.4(470.47)

## **ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ЯРОВОГО РАПСА В РИСОВЫХ СЕВООБОРОТАХ КАЛМЫКИИ**

**Г.Н. Кониева, Э.Б. Дедова, И.А. Ниджляева**

КФ ГНУ ВНИИГиМ, Элиста, Республика Калмыкия, Россия

Как известно насыщение севооборота рисом и составом суходольных культур зависит от почвенно-климатических условий, уровня экономического раз-

вития хозяйств, направления их деятельности. Основу экономики Республики Калмыкия, составляет сельское хозяйство, прежде всего животноводство. В связи с этим значимость кормопроизводства в республике определяется не только обеспечением полноценными кормами, но и его важной ролью в решении актуальных проблем сохранения и повышения плодородия почв рисового севооборота.

Рациональное чередование риса с многолетними и сопутствующими культурами позволяет более эффективно использовать орошаемые земли и оросительную воду, ускоряет окультуривание периодически затопляемых почв рисовых полей, увеличивает выход высокоценной белковой кормовой продукции. Один гектар севооборотной площади, помимо зерна риса, может дать до 4,0 т кормовых единиц с содержанием 157 г переваримого протеина в каждой кормовой единице. В свою очередь, это способствует гармоничному сочетанию рисосеяния с животноводством, лучшей организации труда и использованию техники, улучшает использование трудовых ресурсов, особенно в зимнее время.

На опытном полигоне ГУП ОПХ «Харада» ГНУ ВНИИГиМ, на зональных бурых полупустынных солонцеватых почвах хлоридно-сульфатного засоления, с содержанием легкорастворимых солей в корнеобитаемой зоне 0,20...0,45%, проводились полевые исследования по разработке агротехнических приемов, оказывающих наибольшее влияние на продуктивность ярового рапса в рисовом севообороте

*Rapc (Brassica napus L., ssp. oleifera Metzg)* - это однолетнее растение многоцелевого назначения. Эта культура является одним из важнейших источников пополнения кормового белка и растительного масла. В его семенах содержится 40...48% масла и 21...33% белка. В одном килограмме рапсовой муки (из семян) содержится 400...500 г жира, до 380 г белка, что в 2...4 раза больше, чем в гороховой, пшеничной и ячменной муке. Зеленый корм отличается сочностью, хорошей переваримостью, незначительным содержанием клетчатки. На кормовые цели можно использовать и солому рапса. Ее добавляют при закладке силоса из других культур, а также для скармливания животным в подготовленном виде. В последние годы, в связи с проблемами охраны внешней среды, все большее применение находит рапсовое масло для энергетических целей (в качестве биодизельного топлива, смазочных средств). При урожайности семян рапса 2...3 т/га можно производить 900...1300 л биодизельного топлива.

Для выращивания высоких урожаев зеленой массы и маслосемян необходимы пластичные, высокопродуктивные, отзывчивые на удобрения сорта рапса. Многие сорта рапса содержат эруковую кислоту и глюкозинолаты, отрицательно влияющие на состояние здоровья, воспроизводительную способность животных и технологические качества продукции. В связи с этим в наших опытах



проводилось испытание безэруковых с низким содержанием глюкозинолатов сортов ярового рапса - «Рубеж», «Ратник», «Визит».

Посев проводили во II-III декаде апреля в мелиоративном поле рисового севооборота на остаточных запасах почвенной влаги. Способ посева на зеленую массу рядовой с междурядьем 15 см и широкорядный – 30 см и 45 см; на семена – 30 см. Глубина заделки семян 2...3 см, нормой 1,5...3,0 млн. всхожих семян на гектар. Из основных элементов питания рапс особенно требователен к уровню азотного питания. Поэтому для получения планируемой урожайности семян рапса 1,5...2,0 т/га одновременно с посевом вносили азотные удобрения в дозах N<sub>90...120</sub> кг/га действующего вещества.

Результаты исследований показали, что самая высокая урожайность зеленой массы и маслосемян получена у сорта «Ратник», наименьшая – «Визит».

Так урожайность зеленой массы рапса сорта «Ратник», скошенная в фазе начала цветения, варьировала по вариантам опыта от 24 до 44 т/га. Наибольшую урожайность зеленой массы получили там, где растения на площади были размещены более равномерно. Увеличение ширины междурядий (с 30 до 60 см) и вследствие этого сгущение растений в рядке отрицательно сказалось на урожайности (табл.1).

Таблица 1 - Урожайность зеленой массы ярового рапса сорт «Ратник»

Фактор А: фон минерального пи- тания	Фактор В: ширина междурядий, см	Урожайность зеленой массы, т/га		
		2005 г.	2006 г.	Среднее
без удобрений (контроль)	15 (контроль)	26,80	28,03	27,42
	30	29,25	32,92	31,09
	45	24,28	25,72	25,00
	60	22,73	23,25	23,00
N <sub>90</sub>	15	33,68	35,30	34,49
	30	37,25	39,84	38,55
	45	28,01	30,36	29,19
	60	27,18	28,83	28,00
N <sub>120</sub>	15	37,40	39,80	38,60
	30	41,56	43,64	42,60
	45	32,10	33,40	32,75
	60	31,52	32,14	31,83

Растения рапса потребляют питательные вещества с момента появления всходов. Недосток их в это время ослабляет в дальнейшем развитие растений и приводит к снижению урожайности как семян, так и зеленой массы. Так, прибавка в урожайности зеленой массы при внесении азотных удобрений в дозе

$N_{90}$  выше на 17...26%, в дозе  $N_{120}$  - на 34...40%, чем на варианте без внесения удобрений.

Урожайность маслосемян рапса в значительной степени зависела от уровня минерального питания и норм высева. Так, урожайность маслосемян при внесении удобрений в дозах  $N_{90}$  на всех вариантах норм высева превысила на контроле – без удобрений на 6,6...8,7%, а при внесении удобрений в дозе  $N_{120}$  повышало продуктивность на 18,2...20,8% (табл. 2).

Наибольшая урожайность маслосемян рапса получена при норме высева 2,0 млн. шт./га на фоне азотного питания  $N_{120}$  – 2,0 т/га. Уменьшение нормы высева до 1,5 млн. шт/га, или повышение ее до 3 млн. шт/га приводило к снижению урожайности на всех вариантах азотного питания.

Таблица 2 - Урожайность семян ярового рапса сорт «Ратник»

Фактор А: фон минерального питания	Фактор В: норма высева, млн. всх. семян	Урожайность семян, т/га		
		2005 г.	2006 г.	Среднее
без удобрений (контроль)	1,5	1,38	1,51	1,45
	2,0	1,63	1,67	1,65
	2,5	1,46	1,52	1,49
	3,0	1,15	1,27	1,21
$N_{90}$	1,5	1,49	1,63	1,56
	2,0	1,71	1,80	1,76
	2,5	1,59	1,64	1,62
	3,0	1,20	1,37	1,29
$N_{120}$	1,5	1,66	1,82	1,74
	2,0	1,97	2,00	1,99
	2,5	1,77	1,83	1,80
	3,0	1,34	1,52	1,43

Наши исследования по изучению влияния посевов ярового рапса на агрофизические и агрохимические показатели почвы, а также на мелиоративное и фитосанитарное состояние полей рисового севооборота показали, что за год возделывания ярового рапса в рисовом севообороте в почве аккумулируется с поукосными и корневыми остатками 4...6 т/га органического вещества, что в пересчете на питательные элементы составляет – азота до 25 кг,  $P_2O_5$ - 16...18 кг,  $K_2O$  – 75...80 кг, что эквивалентно 15...20 тоннам навоза. При возделывании ярового рапса в рисовом севообороте происходит разуплотнение пахотного и подпахотного горизонтов, так плотность сложения почвы уменьшается с 1,37 до 1,22 т/м<sup>3</sup>. Этому способствует развитие мощной стержневой корневой системы рапса, способной интенсивно разрыхлять подпахотный слой почвы.

Засоренность является одним из основных показателей мелиоративного состояния рисовых полей, которая снижает урожайность риса на 20...50%. В ресурсосберегающих и экологически безопасных технологиях предпочтительно использовать биологические способы подавления сорняков. Создавая мощный растительный покров, рапс выступает как эффективное средство борьбы с засоренностью рисовых полей. Он является хорошим фитосанитаром, очищает почву от возбудителей фузариозных заболеваний, что в свою очередь приводит к повышению полевой всхожести риса и его урожайности, что дает возможность не применять гербициды. Так, общая численность сорных растений на рисовых полях после возделывания рапса уменьшается на 29...33 шт./м<sup>2</sup>, по сравнению с исходными данными (после риса). На вариантах с внесением удобрений всходы сорных растений угнетаются опережающим развитием культуры и к периоду уборки рапса посева практически свободны от примесей сорных растений.

Таким образом, при возделывании ярового рапса в рисовых севооборотах можно получать не только питательный корм для животных и маслосемена, но и учитывать его фитомелиорирующие свойства.

УДК. 631.31

## **ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ**

**Е.М. Корнеева, Л.И. Петрова, В.Н. Лапушкина**  
ГНИУ ВНИИМЗ, Тверь, Россия

Острота агроэкологических проблем в стране, вызванная появлением ряда существенных необратимых изменений в состоянии окружающей природной среды, серьезно поставила в последние годы вопрос ее экологической безопасности. Анализ исторического развития и состояния защиты растений показывает, что существующая в настоящее время система защиты также оказывается недостаточно эффективной и экологически небезопасной. Несмотря на возрастающие затраты на химические средства защиты растений, в последние 40 лет потери урожая от болезней, вредителей и сорняков не только не снизились, но даже возросли, например, по пшенице с 24 до 36 %, а по картофелю – с 32 до 42 % (Шпаар, 1994) [1]. В Сибири недобор урожая зерновых культур только от болезней составляет ежегодно минимум 15-20 %, а в годы эпифитотий – от 50 % и более (Чулкина, 1995) [2].

К тому же на 70 % обрабатываемой площади отмечены: опасность загрязнения почвы, растительности и водных источников остатками пестицидов, повреждение полезных насекомых (в особенности пчел) и рыбы в водоемах, нега-

тивные изменения биохимических процессов и иммунного статуса культурных и дикорастущих растений (Соколов, Монастырский, Пикунова, 1994) [3].

Наблюдаемые негативные последствия при использовании химических средств требуют сегодня пересмотра существующей интегрированной системы защиты, а именно – повышения ее безопасности в рамках разработанной новой концепции земледелия – адаптивно-ландшафтной, строго учитывающей природные особенности ландшафта и его влияние на развитие вредной и полезной энтомофауны. Это, безусловно, является одной из важнейших задач защиты растений на осушаемых землях. Здесь возникает наибольшая опасность загрязнения водных источников различными химическими элементами, содержащимися в удобрениях и пестицидах. Поэтому на осушаемых землях необходим более четкий и квалифицированный подход к осуществлению системы защиты растений от вредных объектов.

Разработанные экономические пороги вредоносности дают возможность обеспечить более безопасное и эффективное применение пестицидов, сохранение животного мира и в частности энтомофагов, сдерживают развитие опасных вредителей и, безусловно, снижают загрязнение окружающей среды.

По данным службы защиты растений и нашим наблюдениям, в последние годы повсеместно отмечено усиление массового развития наиболее опасных биообъектов, в частности, заболеваний типа увядания, корневых гнилей и пятнистостей (септориозы, ринхоспориозы, аскохитозы, антракнозы и др.) на зерновых культурах и льне-долгунце, различных форм фитофтороза и ризоктониоза на картофеле и др., отличающихся широкой региональной представленностью и высокой вредоносностью.

При анализе ценоза сорной растительности было выявлено в агробиоценозах ряда культур существенное нарастание злостных многолетних корневищных и корнеотпрысковых видов, таких как пырей ползучий, осот полевой, бодяк полевой, мята полевая и т.д., что связано большей частью с нарушением технологии возделывания сельскохозяйственных культур, падением плодородия почвы и как общего фактора – снижением культуры земледелия.

При этом степень проявления вредных организмов и их вредоносность, зависят не только от погодных условий года и технологии возделывания культур, но и от особенностей агроландшафтных условий, в частности от экспозиции склонов. Так, наиболее сильное развитие болезней яровых зерновых культур, особенно корневых гнилей, отмечается на южной экспозиции склонов, а листовых пятнистостей и побурения – на северной.

Сорные растения обладают достаточно высокой экологической пластичностью и способны произрастать на любом из имеющихся ландшафтов. Однако, существует некоторая приуроченность повышения активности отдельных видов на ландшафтах, наиболее соответствующих их агробиологическим требованиям. Так, применительно к агроландшафтным экспозициям, большее количество

видов малолетних сорных растений лучше развиваются на склонах южной экспозиции и вершине холма, а многолетних видов – на северной. Этим обуславливается более высокая засоренность южного склона малолетниками, а северного – многолетниками, хотя во влажные годы и те и другие неплохо чувствуют себя на более теплом южном склоне, а в засушливые – на более влажном северном.

Как показывает многолетний опыт, правильный выбор метода и средств защиты во многом зависит от своевременного и достаточно точного анализа развития вредных организмов, их биолого-экологических особенностей и прогноза. При этом эффективная борьба с каждым вредным организмом должна строиться на его реакциях на тот или иной защитный прием, направленный не на полное уничтожение вредных видов, а на регулирование их популяций до определенного экологического и экономического уровня, на основе комплексного применения всех элементов технологии, использования устойчивых сортов, биологических и химических средств защиты растений, с учетом экономических порогов вредоносности.

Основным условием, необходимым для управления фитосанитарной ситуацией, как известно, является правильный севооборот и система питания, а также применение дифференцированной обработки почвы (сочетание в севообороте глубоких обработок с поверхностными), где наряду с оптимизацией почвенных процессов обеспечивается постепенное снижение запаса зимующих стадий вредителей, возбудителей заболеваний и особенно семян сорных растений. Наши исследования также показали, что качественная своевременная основная и особенно предпосевная обработки почвы и применение различных дополнительных агроприемов по уходу за посевами дают возможность существенно улучшить их фитосанитарное состояние, при определенном снижении химических средств защиты растений (табл. 1).

Как видно из данных таблицы 1, боронование всходов (в фазе 3-го листа), проведенные в качестве дополнительного приема в борьбе с засоренностью, на фоне традиционной предпосевной обработки почвы (культивация с боронованием в 2 следа плюс прикатывание), снизило засоренность ячменя малолетними сорняками на 28,9-39,5 %, а многолетними – на 33,3-42,1. При этом существенно возросла эффективность гербицидной обработки – в различных ландшафтных условиях она составила от 64,0 до 80,2 % (по малолетним сорнякам) и от 78,9 до 100,0 (по многолетним), что, безусловно, дает основание для изменения гербицидной нагрузки.

В ранее проведенных экспериментах однократное боронование до всходов снижало общую засоренность ячменя на 41,0 %, а двукратное (до всходов плюс по всходам) – на 55,7, при этом техническая эффективность гербицида составляла около 80,0 %.

Заметное снижение засоренности яровых и озимых зерновых культур (в пределах 30 % и выше) было также отмечено при использовании отсроченных посевов или разрыва между двумя предпосевными культивациями с боронованием – в 7-8 дней.

На основе экспериментальных данных и учитывая особенности осушаемых земель, считаем, что интегрированная (адаптивная) система защиты растений на этих землях должна базироваться, в основном, на применении агротехнических, организационных и биологических приемов, включая биопрепараты и фитотенотическое воздействие (совершенствование конструкции посевов: их плотности, размеров междурядий и т.д.) с минимальным применением химических средств защиты (табл. 2).

Таблица 1 – Влияние различных приемов защиты на засоренность посевов ячменя в условиях конечно-моренного агроландшафта (2005-2006 гг.)

Агроэкологическая категория земель	Вариант опыта	Засоренность посевов перед уборкой					
		малолетними сорняками			многолетними сорняками		
		кол-во, шт./м <sup>2</sup>	воздуш.-сух. масса, г/м <sup>2</sup>	техн. эффект, %	кол-во, шт./м <sup>2</sup>	воздуш.-сух. масса, г/м <sup>2</sup>	техн. эффект, %
Южная экспозиция склона (уклон 3 <sup>0</sup> )	фон*	242	88,3	-	6	6,8	-
	фон + боронование всходов	172	64,2	28,9	4	6,5	33,3
	фон + гербицид	120	31,8	50,4	3	3,2	50,0
	фон + боронование + гербицид	87	21,9	64,0	0	0	0
Плоская вершина	фон*	346	90,5	-	16	25,1	-
	фон + боронование всходов	266	72,0	23,1	10	17,2	37,5
	фон + гербицид	164	52,6	52,6	4	7,2	75,0
	фон + боронование + гербицид	82	25,4	76,3	3	3,4	81,2
Северная экспозиция склона (уклон 2 <sup>0</sup> )	фон*	162	46,9	-	38	50,0	-
	фон + боронование всходов	98	28,8	39,5	22	30,1	42,1
	фон + гербицид	68	22,6	58,0	12	25,4	68,4
	фон + боронование + гербицид	32	11,8	80,2	8	15,0	78,9

\* - традиционная предпосевная обработка почвы.

Таблица 2 – Интегрированная (адаптивная) система защиты сельскохозяйственных культур от вредных организмов в различных агроландшафтах гумидной зоны РФ

Агроландшафт	Ограничивающие факторы применения ХСЗ	Рекомендуемая система защиты от вредных организмов
Холмисто-моренные равнины, преимущественно земли конечно-моренных холмов	эрозионные процессы, поверхностный сток, мелкоконтурность	интегрированная с ограничением пестицидной нагрузки в севообороте до 30-40 % по сравнению с традиционной за счет: - увеличения механических прополок; - замены сплошных обработок инсектофунгицидами на выборочные, полосные краевые; - использование биологических средств защиты, устойчивых сортов.
Моренные, моренно-эрозионные и эрозионные равнины, преимущественно моренно-эрозионные (ополевидные) земли на покровных суглинках	эрозионная опасность, особенно склоновых участков, аккумуляция пестицидов на пониженных равнинах	интегрированная с ограничением пестицидной нагрузки до 40-50 % по сравнению с традиционной за счет: - сокращения гербицидных обработок до 60 % и использования механической прополки и конкурентоспособности культуры, введения отсроченных посевов; - сокращения инсектицидных и фунгицидных обработок до 50 % и использования ловушек, приманочных посевов для вредителей, краевых и выборочных обработок; - использование биопрепаратов и устойчивых сортов;
Земли полей, преимущественно зандровые равнины и флювиогляциальных отложениях	низкая биогенность почвы, неблагоприятные физические, водные и питательные свойства почвы, ярко выраженный промывной режим	интегрированная с ограничением пестицидной нагрузки в севообороте до 60-70 % по сравнению с традиционной за счет: - сокращения гербицидных обработок до 35%; - снижения инсектицидных обработок против вредителей до 50 %, фунгицидных против заболеваний до 20 %; - увеличения числа биообработок и азотфиксирующих бактерий, устойчивых сортов; - увеличения допосевных и послевсходовых механических прополок; - применение отсроченных посевов.
Пойменные земли	литологическая микропестрота, периодическое затопление	интегрированная с применением ХСЗ только в экстремальных ситуациях и заменой их агротехническими приемами, биологическими средствами защиты, устойчивыми сортами овощных культур.

Так, в условиях конечно-моренного ландшафта с учетом лимитирующих факторов пестицидная нагрузка может быть сокращена на 30-40%, моренно-эрозионного – на 40-50 %, полесского – на 60-70%. В условиях пойменных земель применение химических обработок допускается только в экстремальных ситуациях и не в водоохранной зоне.

На склоновых землях преимущество имеют биологические приемы и только в экстремальных условиях (эпифитотии, эпизоотии) прибегают к химическим обработкам быстро разлагающимися препаратами с различной пестицидной нагрузкой.

Организационно-хозяйственные мероприятия по защите растений разрабатывают дополнительно учитывая при этом: приобретение устойчивых сортов, подготовку посевного материала, приготовление качественных органических удобрений, обкашивание обочин дорог, канав, траншей, каналов, а также соответствующую подготовку техники к работе, обработку хранилищ, складов и т.д.

Таким образом, только строго дифференцированный экологизированный подход к защите посевов от вредных организмов, в соответствии с данными прогнозов, а также уровнем интенсификации технологий и ландшафтными условиями может обеспечить стабильность урожаев и устойчивость агроландшафтов.

#### **Литература**

1. Шпаар Д. Устойчивость растений. //Защита растений. -1994. № 6. – С. 10-11
2. Чулкина В.А. Управление агроэкосистемами в защите растений. -Новосибирск: Ревик. – 1995. – 202 с.
3. Соколов М.С., Монастырский О.А., Пикунова Э.А. Экологизация защиты растений. – Пушино. - 1994. – 462 с.

УДК 631.6

## **СЦЕНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ РИСА В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ, КРАСНОДАРСКОМ И ПРИМОРСКОМ КРАЯХ НА ПЭВМ**

**В.А. Корягин, Л.М. Корягина**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Расчеты урожайности риса в этих регионах проводились с использованием голландской модели «Ориза 2000». Результаты приведены в таблице 1.



Таблица 1 – Расчетная урожайность риса в Астраханской области, Краснодарском и Приморском краях

Метеогод	№ дня посева культуры от 1 января	Расчетная урожайность т/га	№ дня уборки урожая от 1 января
1	2	3	4
<b>Астраханская область</b>			
1994	110	14,659	261
- « -	120	15,259	268
- « -	130	14,696	273
- « -	140	14,115	282
- « -	150	10,953	296
1993	110	0	114
- « -	120	15,606	278
- « -	130	14,236	278
- « -	140	12,968	278
- « -	150	9,346	278
- « -	160	6,659	278
1992	130	11,668	275
- « -	140	11,223	275
- « -	150	9,293	275
<b>Краснодарский край</b>			
1993	120	14,247	277
1994	130	14,121	279
1995	140	15,540	293
<b>Приморский край</b>			
1995	140	0	146
- « -	150	0	289
- « -	160	0	280
1994	130	0	139
- « -	140	6,845	293
- « -	150	4,733	293
1993	130	0	138
- « -	140	0	156
- « -	150	0	154
- « -	160	0	171
- « -	170	0	294
- « -	180	0	294
- « -	190	0	294
1992	140	0	147
- « -	150	0	281
- « -	160	0	164
1991	120	0	124
- « -	130	5,470	290
- « -	140	2,487	290
- « -	150	0,334	290
1990	140	0	144

- « -	150	1,220	299
- « -	160	0	299
1989	130	0	135
- « -	140	0	283
- « -	150	0	283
1988	150	0	154
- « -	160	0	290
- « -	170	0	290
1987	140	0	147
- « -	150	0	284
- « -	160	0	284

Из этой таблицы видно, что в Астраханской области на принятом к расчетам сорте риса максимальная урожайность в 15,66 т/га могла быть получена (за расчетный период) при высеве на 120-й день в 1993 году. На рис.2 приведен график набора урожайности в Астраханской области.

В Краснодарском крае – 15,54 т/га при посеве на 140-й день в 1995 году (рис. 1).

В Приморском крае – 6,845 т/га при посеве на 140 –й день в 1994 году (рис. 3). Надо отметить, что здесь по расчетам урожая вообще не получено в шести годах из девяти, хотя до фазы метелки набор биомассы смоделировался (кроме 1993 года). Это можно объяснить теплолюбивым сортом риса, взятом для расчетов.

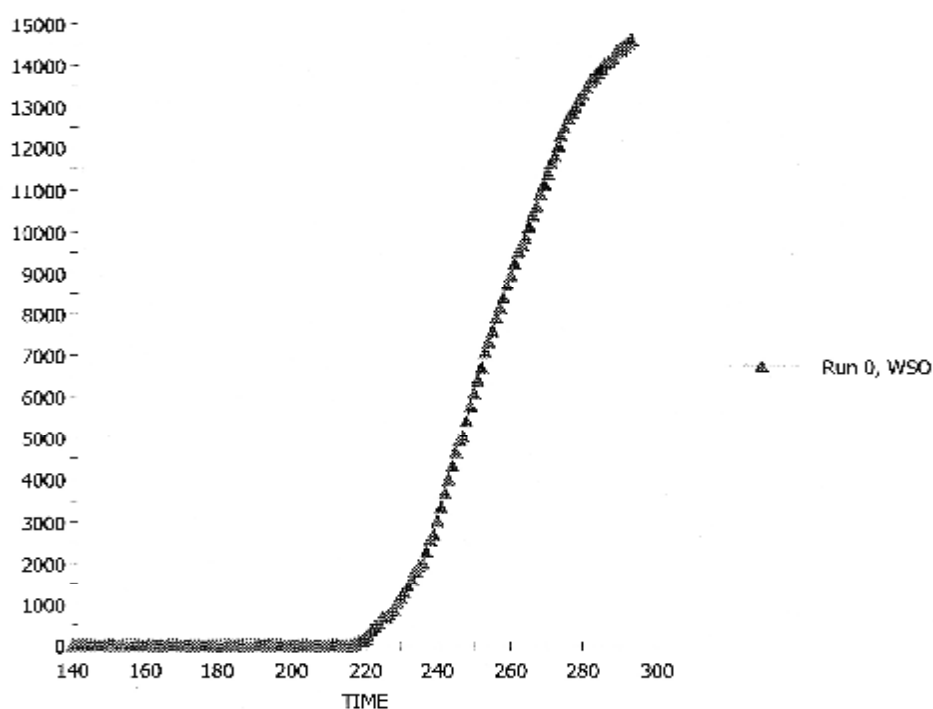


Рисунок 1 - Расчетный набор урожайности риса (кг/га) при его посеве на 140-й день 1995 г. в Краснодарском крае

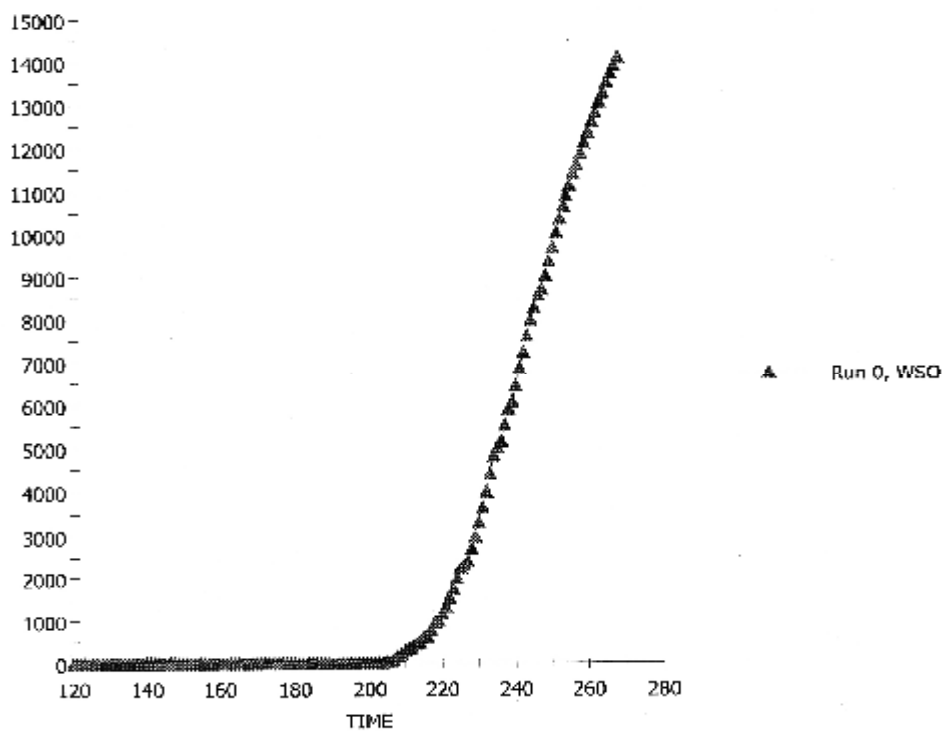


Рисунок 2 - Расчетный набор урожайности риса (кг/га) при его посеве на 20-й день 1994 г. в Астраханской области

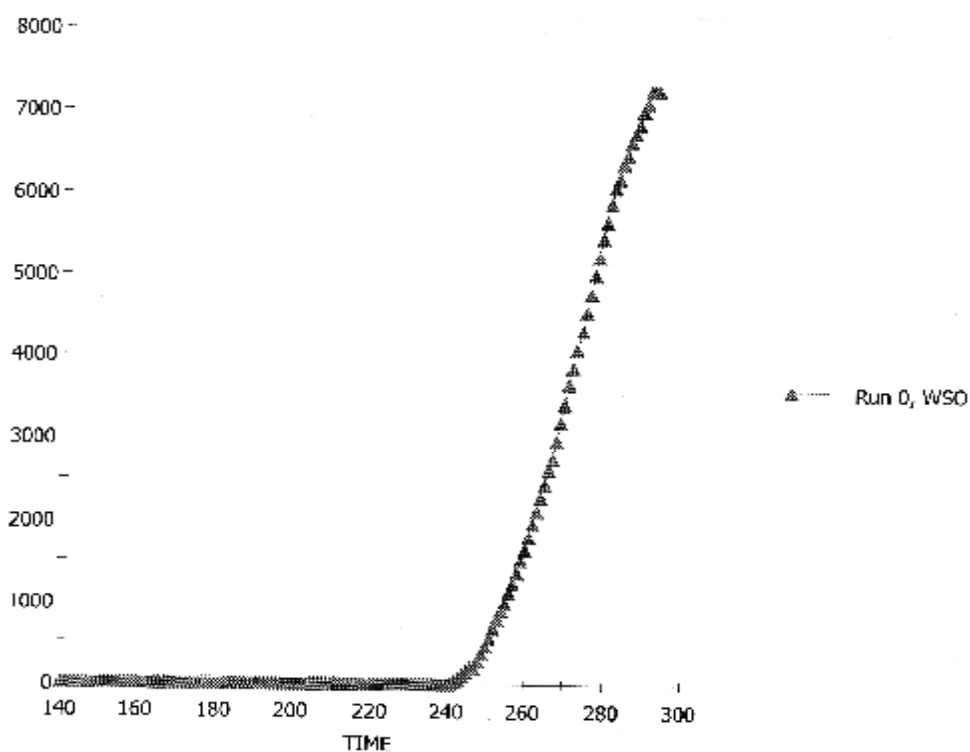


Рисунок 3 - Расчетный набор урожайности риса (кг/га) при его посеве на 140-й день 1994 г. в Приморском крае

В таблице 2 по тем же регионам приведены расчетные данные урожайности риса в зависимости от внесения азота.

Таблица 2 - Расчетная урожайность риса в зависимости от внесения азота в Астраханской области, Краснодарском и Приморском краях

Метеогод/ № дня посева ри- са от 1 января	Урожайность (т/га) риса при различных нормах внесения азота (кг/га)			Расчетная урожайность риса (т/га)
	225	160	-	
1	2	3	4	5
<b>Астраханская область</b>				
1994 / 120	12,518	9,888	6,641	15,259
1993 / 120	12,153	10,239	6,946	15,606
1992 / 140	10,670	8,868	5,732	11,223
<b>Краснодарский край</b>				
1995 /140	13,138	9,822	6,510	15,540
1994 / 130	12,187	9,447	6,447	14,121
1993 / 120	11,470	9,316	6,394	14,247
<b>Приморский край</b>				
1995 / 150	0	0	0	0
1994 / 140	6,537	5,914	3,936	6,845
1993 / 150	0	0	0	0
1992 / 150	0	0	0	0
1991 / 130	5,204	4,763	3,626	5,470
1990 / 150	1,250	1,178	1,034	1,220
1989 / 140	0	0	0	0
1988 / 160	0	0	0	0
1987 / 150	0	0	0	0

При внесении 225 кг/га азота урожайность риса составляет около 75 % от расчетной, при внесении 160 кг/га азота – около 65%. При расширении расчетов по другим значениям внесения азота может быть подготовлен материал для определения наиболее экономичной дозы удобрений, исходя из показателей стоимости сельскохозяйственного продукта и внесения удобрений.

#### Выводы.

Климатические условия Краснодарского края и Астраханской области позволяют получать отличные урожаи риса, а в Приморском крае – хорошие. Использование компьютерной модели «Ориза 2000» способствует выработке рациональных подходов к планированию выращивания риса в приведенных регионах. Для более полного использования возможностей этой модели необходима ее адаптация в Приморском крае.

#### Литература

1. В.А. Корягин. Применение голландской математической модели «СВАП» для сценарных исследований оптимизации сельскохозяйственного производства в пределах мелио-

рируемого агроландшафта в Калининградской области. В сб.: «Экологические проблемы мелиорации». Материалы конференции М. 2002 г.

2. И.Г. Бондарик, В.А.Корягин, Л.М.Корягина. Применение математических моделей «СВАП», «АНИМО», «ВОФОСТ» и «ФОКУС – ПЕРЛ» (Нидерланды) для сценарных исследований оптимизации сельскохозяйственного производства на мелиорируемых агроландшафтах в Московской, Калининградской и Астраханской областях России. В сб.: Тезисы 55-ой межрегиональной конференции МКИД. М., 2004 г.

3. В.А. Корягин, Моделирование мелиоративных процессов. М., 2006 г.

УДК 631.445.124

## **ВЛИЯНИЕ УРОВНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ КОМПЛЕКСОМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА НАКОПЛЕНИЕ СУХОГО ВЕЩЕСТВА НАДЗЕМНОЙ МАССОЙ РАЙГРАСА ТЕТРАПЛОИДНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЗ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ**

**Е.А. Котова**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В Российской Федерации, по данным Минприроды, тяжелыми металлами (ТМ) и фторидами загрязнено 3,6 млн. га почв (Галиулин, Галиулина, 2003). Основными источниками этих загрязнений являются горнодобывающая и металлургическая промышленность (около 35%), переработка нефти - 15%, тепловые электростанции (27%), транспорт (13%), строительная промышленность - до 8% (Небольсин и др., 2004).

Для эффективного управления агроэкосистемой, подвергающейся загрязнению, ведется поиск способов освоения загрязненных почв и получения нормативно чистой продукции. Производится разработка агротехники, обеспечивающей минимальное содержание загрязнителей в продукции растениеводства и отбор растений, обладающих нужными свойствами: устойчивостью к загрязнениям, отсутствием склонности к накоплению токсичных элементов, высокой продуктивностью и отзывчивостью к агромелиоративным мероприятиям. Наши исследования, а также литературные данные свидетельствуют о том, что многие сельскохозяйственные культуры накапливают в своих тканях и семенах невысокое содержание тяжелых металлов (Буравцев В.Н., Головатый В.Г. и др., 2004).

Одним из путей освоения загрязненных ТМ земель является использование полиплоидных растений. Наши рекогносцировочные исследования показали, что тетраплоидный райграс по сравнению с диплоидным был более продуктивным на загрязненных тяжелыми металлами (ТМ) почвах.

Этот вид растений является одним из компонентов пастбищ и городских газонов, он быстро развивается и чувствителен ко многим экологическим факторам. Эти качества райграса могут быть использованы как для вегетационных

(модельных) исследований, так и для полевых опытов по разработке технологической ремедиации почвы.

### *Методика проведения исследований*

Для более полной характеристики продуктивности полиплоидного райграса на различных по загрязненности ТМ почвах был проведен специальный эксперимент по изучению влияния тяжелых металлов (ТМ) в сочетании с различными видами минеральных удобрений на урожайность райграса.

Опыт проводился в вегетационных сосудах, для набивки которых использовалась полевая почва в количестве 3 кг. Агрохимические свойства почвы следующие: рН – 6,88; гидролитическая кислотность–0,42; сумма поглощенных катионов (S) – 35,5 мг-экв/100 г почвы; гумус – 3,68 %; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 16,64 мг/100г почвы; K<sub>2</sub>O – 26,81 мг/100 г почвы.

Общее исходное содержание ТМ в почве: цинк – 24,44 мг/кг почвы, медь и свинец – ниже предела обнаружения. Процентное содержание металла в реактивах рассчитывалось на основании их атомных масс. Для опыта использовались следующие химически чистые соли: Zn в виде соли ZnSO<sub>4</sub> • 7H<sub>2</sub>O; Cu – CuSO<sub>4</sub> • 5H<sub>2</sub>O; Pb – Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>; азот – NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>; фосфор – NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; калий – K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. 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 шт. Райграс тетраплоидный убирался в стадии начала колошения.

Регрессионный анализ результатов эксперимента проводили по Налимову и Черновой (1965), исследование поверхности отклика модели - методом «ридж-анализа» по Н. Дрейперу (1963).

### *Результаты исследований*

В таблице 1 представлен план эксперимента и его результаты, а в таблице 2 - кодировка факторов. На основании данных таблицы 1 проведен регрессионный анализ, позволивший установить взаимосвязь между накоплением сухой массы надземными органами райграса, дозами удобрений и уровнем ТМ, которые вносились в почву. Результаты анализа в виде регрессии второго порядка приведены ниже:

$$Y=7.82-0.13 \cdot X_1+0.11 \cdot X_2+0.13 \cdot X_3-0.31 \cdot X_4+0.22 \cdot X_5-0.25 \cdot X_6+0.55 \cdot X_1^2-0.33 \cdot X_2^2-0.99 \cdot X_3^2-0.19 \cdot X_4^2-0.31 \cdot X_5^2+0.54 \cdot X_6^2+0.28 \cdot X_1 \cdot X_2-0.02 \cdot X_1 \cdot X_3+0.37 \cdot X_1 \cdot X_4-0.11 \cdot X_1 \cdot X_5+0.04 \cdot X_1 \cdot X_6-0.02 \cdot X_2 \cdot X_3-0.17 \cdot X_2 \cdot X_4-0.12 \cdot X_2 \cdot X_5-0.06 \cdot X_2 \cdot X_6-0.52 \cdot X_3 \cdot X_4-0.01 \cdot X_3 \cdot X_5+0.13 \cdot X_3 \cdot X_6-0.25 \cdot X_4 \cdot X_5+0.2 \cdot X_4 \cdot X_6+0.11 \cdot X_5 \cdot X_6$$

где Y – сухая надземная масса, г/сосуд; X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub> – дозы удобрений: азота, фосфора и калия; X<sub>4</sub>, X<sub>5</sub>, X<sub>6</sub> – уровни ТМ: цинка, меди и свинца (расчеты коэффициентов модели проводились в относительных единицах). Коэффициент множественной корреляции равен 0,9.

Таблица 1 - План и результаты эксперимента

№ вар.	Уровни факторов (относительные единицы)						Сухая масса, г/сосуд
	Азот	Фосфор	Калий	Цинк	Медь	Свинец	
1.	-1	-1	-1	1	1	0	7,11
2.	-1	1	-1	-1	1	1	7,63
3.	-1	-1	1	1	1	1	6,98
4.	1	0	-1	-1	-1	1	7,07
5.	1	-1	-1	-1	1	-1	6,13
6.	1	1	1	-1	1	1	6,81
7.	-1	1	1	-1	-1	1	8,11
8.	1	1	-1	1	1	-1	7,16
9.	-1	-1	1	1	-1	-1	7,53
10.	1	-1	-1	1	1	1	6,07
11.	1	-1	-1	1	0	-1	7,34
12.	0	1	1	1	1	-1	8,37
13.	1	-1	1	1	1	0	5,06
14.	-1	1	0	1	1	1	7,52
15.	1	1	0	-1	-1	-1	8,27
16.	0	1	-1	1	-1	-1	7,49
17.	0	-1	1	-1	-1	-1	7,03
18.	1	1	1	1	-1	-1	7,26
19.	0	-1	-1	1	1	-1	6,72
20.	-1	0	-1	1	-1	1	6,53
21.	-1	0	1	-1	1	-1	9,04
22.	-1	0	-1	-1	-1	-1	8,37
23.	1	1	1	1	0	1	6,76
24.	-1	-1	0	-1	-1	1	7,76
25.	1	-1	1	0	1	-1	7,59
26.	1	-1	-1	0	-1	-1	5,88
27.	1	-1	1	1	0	1	6,88
28.	0	0	0	0	0	0	7,82
29.	1	-1	1	-1	0	1	6,29
30.	1	-1	1	0	-1	1	7,02
31.	1	1	-1	0	-1	1	7,08
32.	1	1	1	-1	0	-1	8,84
33.	-1	1	1	-1	1	0	8,93
34.	-1	1	-1	0	1	-1	7,64
35.	-1	-1	-1	0	1	1	7,65
НСР <sub>05</sub>							0,38

Таблица 2 - Кодировка факторов

Значение факторов						
Относительные	Абсолютные (мг / кг почвы)					
	Азот	Фосфор	Калий	Цинк	Медь	Свинец
-1	50	0	0	0	0	0
0	200	90	125	225	150	150
1	350	180	450	450	300	300

Коэффициенты уравнения показывают, что дозы азота, цинка и свинца оказывают отрицательное влияние на продуктивность райграса, в то время как фосфор, калий и медь способствуют накоплению сухой массы надземными органами растения.

По модели методом "ридж-анализа" определяли максимум функции в пределах радиуса опыта и соответствующие ему значения факторов. Установлено, что для максимального накопления сухой наземной массы райграсом (9.76 г/сосуд) необходимы следующие условия: азот – фоновое содержание, фосфор – 88, калий - 245, цинк - 108, медь - 176, свинец - 11 мг/кг почвы.

Потребность в цинке и меди для максимального накопления сухой массы, скорее всего можно объяснить их недостатком в почве, как микроэлементов. Потребность в свинце может быть связана с влиянием его на почвенно-поглощающий комплекс.

Представляет интерес парное и тройное взаимовлияние изучаемых элементов на продуктивность райграса. Азот в этих условиях не оказывает существенного влияния на продуктивность райграса. Данные численного эксперимента на модели, приведенные в таблице 3, свидетельствуют, что по сравнению с контролем внесение одного только цинка в максимальной дозе незначительно влияет на продуктивность райграса, в то время как на фоне этого элемента внесение фосфора и калия приводит к снижению на 12% накопления сухой наземной массы. Внесение меди на всех вариантах, на которых удобрения представлены в различных сочетаниях, способствует увеличению продуктивности райграса. Только внесение свинца снижает продуктивность культуры на 19%.

При этом ни фосфор, ни азот не способствуют продукционному процессу на фоне свинца. На фоне свинца калий не оказывает существенного влияния на продуктивность, в то время как внесение фосфора и азота приводит к значительному снижению урожайности растений.

Парные взаимодействия ТМ не оказывают заметного влияния на накопление сухой массы. Внесение калия на максимальных уровнях меди и цинка оказало отрицательное влияние на накопление надземной массы, в то время как азот и фосфор на этом фоне ТМ не оказали заметного влияния на урожайность райграса. Максимальные дозы калия и фосфора на фоне цинка и свинца оказали отрицательное воздействие на продуктивность растений, азот на фоне этих ТМ не оказал заметного влияния на урожайность сухой надземной массы. Калий на фоне меди и свинца оказал положительное влияние на рост растений, в то время как азот снижал урожайность растений, а фосфор практически не влиял на их продуктивность.

Максимальное внесение всех трех изучаемых ТМ как на фоне максимальных доз азота, фосфора и калия, так и при их исходном содержании в почве не оказывало существенного влияния на продуктивность растений. Только калий и азот на фоне максимальных уровней цинка, меди и свинца также не



снизили урожайность райграса, в то время как фосфор отрицательно влиял на накопление надземной массы.

Таблица 3 - Влияние взаимодействия ТМ с дозами удобрений на накопление сухой массы надземными органами райграса тетраплоидного (результаты численного эксперимента)

Вариант	Уровень изучаемых факторов (отн. ед.)						Сухая надземная масса		
	N	P	K	Zn	Cu	Pb	г/сосуд	%	
								к чист. контр.	к оптим. вар.
1.	-1	-0,028	0,087	-0,52	0,175	-0,925	9,70	135	100
2.	-1	-1	-1	-1	-1	-1	7,17	100	74
3.	-1	-1	-1	1	-1	-1	7,29	102	75
4.	1	-1	-1	1	-1	-1	7,39	103	76
5.	-1	1	-1	1	-1	-1	7,01	98	72
6.	-1	-1	1	1	-1	-1	6,35	89	65
7.	-1	-1	-1	-1	1	-1	8,37	117	86
8.	1	-1	-1	-1	1	-1	6,55	91	68
9.	-1	1	-1	-1	1	-1	8,29	116	85
10.	-1	-1	1	-1	1	-1	9,47	132	98
11.	-1	-1	-1	-1	-1	1	5,83	81	60
12.	1	-1	-1	-1	-1	1	4,61	64	48
13.	-1	1	-1	-1	-1	1	5,99	84	62
14.	-1	-1	1	-1	-1	1	7,49	104	77
15.	-1	-1	-1	1	1	-1	7,49	104	77
16.	1	-1	-1	1	1	-1	7,15	100	74
17.	-1	1	-1	1	1	-1	6,73	94	69
18.	-1	-1	1	1	1	-1	6,51	91	67
19.	-1	-1	-1	1	-1	1	6,75	94	70
20.	1	-1	-1	1	-1	1	7,01	98	72
21.	-1	1	-1	1	-1	1	6,23	87	64
22.	-1	-1	1	1	-1	1	6,33	88	65
23.	-1	-1	-1	-1	1	1	7,47	104	77
24.	1	-1	-1	-1	1	1	5,81	81	60
25.	-1	1	-1	-1	1	1	7,15	100	74
26.	-1	-1	1	-1	1	1	9,09	127	94
27.	-1	-1	-1	1	1	1	7,39	103	76
28.	1	-1	-1	1	1	1	7,21	101	74
29.	-1	1	-1	1	1	1	6,39	89	66
30.	-1	-1	1	1	1	1	6,93	97	71
31.	1	1	1	1	1	1	6,71	94	69

Таким образом, результаты численного эксперимента показали, что влияние доз минеральных удобрений на накопление сухой надземной массы тетраплоидным райграсом может быть положительным или отрицательным в зависимости от вида и соотношения ТМ. Однако тот факт, что удобрения оказывают

сильное влияние на продуктивность райграса может послужить основой для разработки системы удобрений, позволяющей выращивать значительные урожаи на загрязненных ТМ почвах.

УДК 631.6:631.582

## **ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В РИСОВЫХ СЕВООБОРОТАХ КАЛМЫКИИ**

**В.В. Кузнецова**

Волгоградская ГСХА, Волгоград, Россия;

**С.Б. Адьяев**

КФ ГНУ ВНИИГиМ, Элиста, 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. Зерновые культуры являются источником получения высококачественного концентрированного корма, а при рациональной организации их возделывания – способствуют сохранению и повышению плодородия почв. Среди зерновых культур наиболее засухоустойчивым и адаптированным к местным условиям является ячмень.

Рост дефицита водных ресурсов в Республики Калмыкия требует решения вопросов эффективного использования остаточной влаги после возделывания риса. В связи с этим вопросы совершенствования технологии возделывания ярового ячменя в рисовых чеках весьма актуальны, имеют не только теоретическое, но и большое практическое значение.

Цель проводимых исследований заключается в повышении эффективности эксплуатации рисовых гидромелиоративных систем Республики Калмыкия за счет совершенствования основных составляющих технологического процесса возделывания сопутствующих культур, в частности, ярового ячменя, обеспечивающего рациональное использование водных и других видов ресурсов, лимитирующих производство при сохранении и расширенном воспроизводстве почвенного плодородия.

Для решения поставленной цели исследованиями предусматривалась реализация полевого эксперимента. Экспериментальная часть исследований была проведена в 2004-2006 годах на землях рисовой оросительной системы ОПХ «Харада» Октябрьского района республики Калмыкия. По количеству атмосферных осадков, выпавших за вегетационный период ячменя, 2005 и 2006 годы характеризовались как средневлажные. В среднем за период вегетации ячменя в эти годы выпало 125-130 мм осадков, что обеспечивается с вероятностью 36-41 %. В 2004 году атмосферные осадки поступили в объеме 90 мм, что

обеспечивается в регионе исследований с вероятностью не менее 70 %. По результатам гранулометрического анализа образцов почвы опытного участка характеризуются среднесуглинистым составом. Плотность пахотного слоя 1,22-1,31 т/м<sup>3</sup>, наименьшая влагоемкость составляет 26,2-27,1 % от массы сухой почвы. Реакция почвенного раствора нейтральная (рН = 6,3-7,2), обеспеченность легкогидролизуемым азотом и подвижным фосфором низкая, обменным калием – высокая.

В соответствии с программой исследований нами был реализован эксперимент в двух полевых опытах. В опыте 1 яровой ячмень высевали при трех уровнях минерального питания, рассчитанных на формирование 1,5, 2,5 и 3,5 т/га:

– вариант 1 – внесение минеральных удобрений дозой N<sub>15</sub>P<sub>30</sub>, рассчитанных на формирование 1,5 т/га зерна ярового ячменя;

– вариант 2 – внесение минеральных удобрений дозой N<sub>65</sub>P<sub>90</sub>, рассчитанных на формирование 2,5 т/га зерна ярового ячменя;

– вариант 3 – внесение минеральных удобрений дозой N<sub>115</sub>P<sub>150</sub>, рассчитанных на формирование 3,5 т/га зерна ярового ячменя.

Все варианты опыта 1 были заложены в первый год после возделывания риса.

Второй опыт был заложен по двухфакторной схеме, в котором в комплексе с тремя уровнями минерального питания (фактор А) изучалось влияние трех предшественников (фактор В) на формирование агроэкологических условий, рост, развитие и формирование урожая зерна ярового ячменя. По фактору А удобрения вносили такими же, как и в первом опыте дозами. По фактору В яровой ячмень высевали по следующим предшественникам: вариант 1 – яровой ячмень, вариант 2 – нут, вариант 3 – соя. Все сочетания факторов по второму опыту закладывались по второму после возделывания риса полю.

Исследования показали, что после возделывания риса остаточные запасы продуктивной влаги в почве достаточно велики и независимо от складывающихся погодных условий в осенне-зимний период, перед посевом ранних яровых культур влажность метрового слоя почвы составляет 87-92 %. Почва после риса, как правило, медленно просыхает. Поэтому до начала осенних дождей необходимо разделать почву и подготовить к ранневесеннему севу. Для этих целей в сентябре-октябре рисовые чеки освобождают от соломы и проводят вспашку плугами ПЛН-4-35 или аналогичными, агрегатируемыми с трактором ДТ-75М или другими, более энергонасыщенными тракторами. Зяблевая вспашка позволяет почве длительный период подвергаться кислороду воздуха, что усиливает разложение органического вещества, переходу питательных веществ в доступную для растений форму, уничтожению специфичной сорной растительности и вредителей. Вспаханые под зябь рисовые поля не боронуют, а оставляют на зиму в глыбах.

Ранней весной почву обрабатывают тяжелыми дисковыми боронами в агрегате с боронами типа «зиг-заг», если создаются благоприятные погодные условия, перед посевом проводят сплошную культивацию.

Особое внимание при возделывании промежуточных после риса культур следует уделить формированию питательного режима в посевах. Результаты проведенных нами опытов показали, что при возделывании ячменя на первом после возделывания риса поле уровень минерального питания необходимо формировать из расчета получения планируемой, 2,5 т/га, урожайности зерна (табл. 1). Внесение, рассчитанной на такой уровень планируемой урожайности ячменя дозы удобрений, N<sub>65</sub>P<sub>90</sub>, обеспечило прибавку в 0,86 т/га по сравнению с участками, где удобрения были внесены дозой N<sub>15</sub>P<sub>30</sub> и где урожайность, в среднем за годы исследований, составила 1,62 т/га зерна. Внесение минеральных удобрений дозой N<sub>115</sub>P<sub>150</sub> не обеспечило формирование планируемой, на уровне 3,5 т/га, урожайности ячменя, а прибавка по отношению к участкам, где удобрения вносили дозой N<sub>65</sub>P<sub>90</sub>, не превышала статистически значимого порога при 5 % уровне значимости. Прибавка в урожайности зерна составила 0,19 т/га при наименьшей существенной разности по первому однофакторному опыту 0,22 т/га.

Таблица 1 – Продуктивность ячменя в рисовых севооборотах

Предшественник	Уровень минерального питания, кг д.в./Га	Урожайность зерна, т/га			
		2004 год	2005 год	2006 год	Среднее
Опыт I					
Рис	N <sub>15</sub> P <sub>30</sub>	1,85	1,72	1,29	1,62
Рис	N <sub>65</sub> P <sub>90</sub>	2,77	2,55	2,12	2,48
Рис	N <sub>115</sub> P <sub>150</sub>	2,82	2,7	2,49	2,67
НСР <sub>05</sub> , т/га					0,22
Опыт II					
Ячмень	N <sub>15</sub> P <sub>30</sub>	1,72	1,52	1,2	1,48
Ячмень	N <sub>65</sub> P <sub>90</sub>	2,05	1,79	1,41	1,75
Ячмень	N <sub>115</sub> P <sub>150</sub>	1,94	1,7	1,46	1,7
Нут	N <sub>15</sub> P <sub>30</sub>	2,03	1,81	1,47	1,77
Нут	N <sub>65</sub> P <sub>90</sub>	2,19	1,97	1,6	1,92
Нут	N <sub>115</sub> P <sub>150</sub>	2,12	1,9	1,53	1,85
Соя	N <sub>15</sub> P <sub>30</sub>	2	1,8	1,45	1,75
Соя	N <sub>65</sub> P <sub>90</sub>	2,22	2	1,63	1,95
Соя	N <sub>115</sub> P <sub>150</sub>	2,12	1,92	1,6	1,88
НСР <sub>05</sub> , т/га					0,16

При возделывании ячменя по второму после риса полю основным, лимитирующим продукционный процесс культуры фактором, является дефицит доступных растениям водных ресурсов. Исследования показали, что в этих условиях устойчиво обеспечивается формирование до 1,5 т/га зерна ячменя. Существенное влияние на урожайность оказывал предшественник ячменя, который высевали по первому после возделывания риса полю. Наименьшая урожайность была получена при возделывании ячменя по ячменю. На участках, где вносили минеральные удобрения дозой  $N_{15}P_{30}$ , урожайность зерна ячменя в среднем за годы исследований составила 1,48 т/га; при посеве ячменя после нута – 1,77 т/га, после сои – 1,75 т/га. Таким образом, при возделывании ячменя после бобовых культур урожайность была на 0,27-0,29 т/га выше, чем в монокультуре ( $НСР_{05} = 0,16$  т/га).

Увеличение дозы вносимых минеральных удобрений до  $N_{65}P_{90}$  способствовало повышению урожайности ячменя на 0,15-0,27 т/га ( $НСР_{05} = 0,16$  т/га). Причем статистически значимая прибавка урожайности, 0,27 т/га, была получена только при возделывании ячменя по ячменю. При этом урожайность ячменя, 1,75 т/га, была на 0,17-0,20 т/га меньше, чем на участках, где удобрения вносили той же дозой, но культуру возделывали после нута или сои. В посевах ячменя по бобовым предшественникам повышение доз внесения минеральных удобрений с  $N_{15}P_{30}$  до  $N_{65}P_{90}$  не обеспечивало статистически значимой прибавки урожайности. Дальнейшее повышение дозы вносимых удобрений, до  $N_{115}P_{150}$ , не обеспечивало статистически значимого увеличения урожайности при всех, принятых в программе исследований предшественника ячменя.

Таким образом, исследования показали, что при возделывании ячменя по первому после возделывания риса полю уровень минерального питания и агротехнику ячменя необходимо ориентировать на формирование планируемой, до 2,5 т/га, урожайности зерна. При возделывании по второму после риса полю технологию возделывания ячменя следует ориентировать на формирование 1,5 т/га зерна.

УДК 631.811

## **ИССЛЕДОВАНИЕ БИОМЕЛИОРИРУЮЩЕГО ЭФФЕКТА ЖИДКОФАЗНЫХ БИОСРЕДСТВ В МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ**

**Е.А. Кузьмин, Г.Ю. Рабинович**  
ГНИУ ВНИИМЗ, Тверь, Россия

Важным направлением современной мелиорации почв являются мелиоративные воздействия, включающие применение различных биологически активных средств (БАС).

Во ВНИИМЗ разработана поточная ферментационно-экстракционная линия по созданию новых жидкофазных БАС, предлагаемых к использованию в качестве биомелиорантов. Преимущества получаемых ферментационно-экстракционным способом жидкофазных биосредств связаны с их минимальной дозировкой, а также с возможностью наиболее эффективного использования потенциала микрофлоры почвы и почвенного раствора за счёт их активизации деятельностью микрофлоры, элементов питания и физиологически активных веществ, в совокупности присущих жидкофазным биологически активным средствам.

Одним из ведущих направлений исследований такого рода биосредств является оценка их воздействия на состояние почвенного раствора и составляющих гумуса, причём проведению полномасштабных испытаний должны предшествовать модельные эксперименты на лабораторном уровне.

В проведенных на базе отдела биотехнологий ВНИИМЗ модельных экспериментах исследовали влияние жидких биологически активных средств на материнский гумус дерново-подзолистых почв и динамику основных элементов питания. Были задействованы 2 дерново-подзолистые почвы с содержанием гумуса 1,41 и 2,57 %, образцы которых массой 250 г помещались в пластмассовые контейнеры. В экспериментах применяли 2 вида БАС, полученных при использовании в качестве исходного стимулирующего компонента либо 5 % отходов мукомольного производства (БАС 1), либо 3 % золы лиственных пород (БАС 2). БАС в количестве 10 мл равномерно вносились в почву, влажность которой потом доводили до 20 % (средняя за 3 года наблюдений в полевых условиях) и выдерживали при 22<sup>0</sup>С в термостате.

Групповой и фракционный состав гумуса почв определяли по методике Н.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Г.А. Плотниковой. Содержание в образцах растворимых фракций основных питательных элементов определяли по стандартным методикам.

Полученные в модельных экспериментах данные показаны в таблицах 1 и 2 и отражают либо варианты с использованием 2 видов БАС, либо без них. В таблице 1 строки 1-8 - это данные по составу гумуса в дерново-подзолистой почве (с его содержанием 1,41 %), строки 9-16 - аналогичные данные для дерново-подзолистой почвы (с содержанием гумуса 2,57 %). В данной таблице также содержатся контрольные результаты для почв без внесения биологически активного средства в начале опыта и в его конце: для дерново-подзолистой почвы с содержанием гумуса 1,41 % - это строки 1 и 2, для дерново-подзолистой почвы с содержанием гумуса 2,57 % - строки 9 и 10. Изменения по составу гумуса под действием БАС для слабогумусированной почвы представлены в строках 3,4,5 (концентрация БАС, соответственно, 0,5 %, 1 %, 2 %), для почвы с содержанием гумуса 2,57 % - строки 11,12,13. Аналогичные данные по составу гумусу, но для БАС 2, содержатся в строках 6-8 и 14-16.

Таблица 1 - Групповой и фракционный состав почв под воздействием жидкофазных БАС

	Почва; вариант	Гк				Фк					Гк	Сгк	
		1	2	3	Σ	1а	1	2	3	Σ	Фк	Соб	
1	I	Нач.	0,22	0,14	0,17	0,53	0,04	0,06	0,18	0,05	0,33	1,60	0,37
2		Кон.	0,22	0,13	0,15	0,50	0,05	0,14	0,03	0,12	0,31	1,61	0,35
3		+	0,21	0,12	0,17	0,50	0,06	0,13	0,12	0,08	0,39	1,28	0,35
4		БАС	0,21	0,17	0,18	0,56	0,04	0,12	0,10	0,10	0,36	1,55	0,39
5		1	0,22	0,10	0,15	0,47	0,04	0,17	0,09	0,11	0,41	1,14	0,33
6		+	0,30	0,05	0,17	0,52	0,05	0,14	0,08	0,10	0,37	1,40	0,37
7		БАС	0,24	0,07	0,13	0,44	0,07	0,11	0,17	0,13	0,48	0,91	0,31
8		2	0,27	0,07	0,19	0,53	0,07	0,07	0,16	0,07	0,37	1,43	0,37
9	II	Нач.	0,33	0,23	0,27	0,83	0,11	0,10	0,43	0,20	0,84	0,98	0,32
10		Кон.	0,28	0,26	0,28	0,82	0,11	0,12	0,26	0,21	0,70	1,17	0,32
11		+	0,30	0,27	0,27	0,84	0,15	0,10	0,30	0,20	0,75	1,12	0,32
12		БАС	0,32	0,28	0,27	0,87	0,15	0,04	0,27	0,19	0,65	1,33	0,34
13		1	0,34	0,29	0,30	0,93	0,13	0,12	0,34	0,19	0,78	1,19	0,36
14		+	0,33	0,23	0,27	0,83	0,16	0,06	0,35	0,18	0,75	1,10	0,32
15		БАС	0,35	0,19	0,23	0,77	0,12	0,07	0,30	0,19	0,68	1,13	0,30
16		2	0,33	0,23	0,23	0,79	0,14	0,09	0,30	0,19	0,72	1,09	0,30

Примечание: I - дерново-подзолистая почва, гумус 1,41 %; II - дерново-подзолистая почва, гумус 2,57 %; Нач. - исходная характеристика почв перед экспериментом; Кон. - характеристика почв без внесения БАС спустя 3 месяца компостирования

Было обнаружено, что обе почвы принадлежат к фульфатно-гуматному типу, в которых отношение Сгк/Сфк  $\geq 1-2$ . Для почвы 1 действие БАС во всех случаях способствовало снижению отношения Сгк/Сфк, что свидетельствовало об увеличении содержания фульфокислот, относящихся к более активной части гумуса. Для почвы 2 видимых изменений в составе гумуса не произошло, однако соотношение Гк/Фк в отличие от данных по почве 1 имело тенденцию к увеличению.

Степень гумификации обеих почв высокая (0,32 и 0,37), и она практически не изменилась под действием БАС. Вполне закономерно, что с гумусом почвы не произошло значительных изменений, так как модельный эксперимент длился в течение 3 месяцев, поэтому в сравнении с контролем отсутствовала деструкция материнского гумуса.

Содержание подвижного фосфора, калия, нитратного азота для обеих почв значительно возросло после добавок БАС, причём особенно существенно для нитратного азота. Однако следует отметить, что выдержка исходных почв без

БАС в течение 3 месяцев привела по нитратному азоту к аналогичным результатам. В течение процесса компостирования в целом можно отметить рост количества аммиачного азота под действием БАС, особенно для почвы 1. В контроле содержание аммиачного азота увеличилось лишь для высоко гумусированной почвы.

Таблица 2 - Динамика подвижных форм основных питательных элементов под воздействием жидкофазных БАС

	Вариант	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
		Нач.	Кон.	Нач.	Кон.	Нач.	Кон.	Нач.	Кон.
		мг/100г	мг/100г	мг/100г	мг/100г	мг/100г	мг/100г	мг/100г	мг/100г
Почва 1, гумус 1,41%	б/БАС	25,1	22,7	12,8	11,0	0,44	3,55	0,5	0,4
	+ БАС1	25,1	32,8	12,8	23,7	0,44	2,90	0,5	0,8
	+ БАС2	25,1	32,0	12,8	23,6	0,44	3,52	0,5	0,93
Почва 2, гумус 2,57%	б/БАС	28,2	30,9	7,1	6,0	0,33	3,09	0,9	1,3
	+ БАС1	28,2	39,4	7,1	12,3	0,33	2,54	0,9	0,93
	+ БАС2	28,2	40,9	7,1	13,5	0,33	2,85	0,9	0,96

Примечание: Нач. - в начале эксперимента; Кон. - в конце эксперимента

Таким образом, компостирование почв разной степени гумусированности с жидкофазными биосредствами показало, что за период проведения эксперимента практически не изменилось гумусное состояние почв, так как практически отсутствовала его деструкция. Вместе с тем под действием жидкофазных БАС наблюдались изменения в перераспределении фракционного состава (Гк - Фк), и наряду с этим был обнаружен переход основных питательных элементов в подвижное состояние. По сути, благодаря выраженному биомелиорирующему эффекту жидкофазных БАС, произошла оптимальная подготовка почв к их сельскохозяйственному использованию.

УДК 628.387; 631.67; 624.131.6

## **СНИЖЕНИЕ ВПИТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВ ПРИ ПОЛИВЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИМИ СТОКАМИ**

**А.М. Ларионова**

Россельхозакадемия, Москва, Россия

Изучению вопроса использования сточных вод, в том числе животноводческих стоков для орошения сельскохозяйственных культур, посвятили свои работы многие российские ученые – это А.М. Буцыкин, Р.П. Воробьева, Д.П. Гостищев, С.В. Грислис, В.Т. Додолина, И.П. Канардов, Н.Г. Ковалев, Л.Е. Куте-



пов, В.С. Меркурьев, Н.В. Михалев, В.А. Михеев, Г.Н. Мякотин, В.А. Никитин, В.С. Никитин, Л.П. Овцов, Г.В. Ольгаренко, С.П. Покромович, Л.П. Рева, А.И. Рязанцев, В.И. Штыков, А.В. Шуравилин и другие.

Установлены преимущества широкого применения дождевания, особенно при поливе животноводческими стоками (далее стоками). Однако при проектировании оросительных систем с использованием стоков оросительные нормы устанавливаются исходя из потребности растений в воде и питательных элементах, зачастую, не учитывается снижение скорости впитывания стоков по сравнению с чистой водой. Поэтому целью данной работы явилось определение степени влияния на скорость впитывания воды в почву качества поливной жидкости (вода и животноводческие стоки).

Впитывание воды в почву, или инфильтрация воды в почву - сложный физико-химический процесс, зависящий как от количества и качества подаваемой воды, так и от впитывающей способности почвы. Под *впитывающей способностью почвы* понимается максимальная скорость, с которой данная почва при данных условиях впитывает выпадающие осадки или подаваемую на ее орошение воду (Многоязычный технический словарь по ирригации и дренажу, М., 1978 г.).

При *поверхностном способе полива* (наличии на поверхности почвы сплошного слоя воды) впитывание воды в почву происходит в фазе напорного режима, а при *поливе дождеванием* - в напорном и безнапорном режимах впитывания. Скорость напорного впитывания воды в почву зависит от ряда природных и технологических факторов: структуры почвы, начальной влажности и плотности почвы, водопрочности агрегатов, наличия в почве воздуха, напора воды, применяемой агротехники, свойств фильтрующейся жидкости и других. Кроме указанных факторов, при дождевании на инфильтрацию оказывает влияние качество дождя (интенсивность, крупность капель дождя и распределение его по площади), уклон поля и другие.

Изучением вопроса впитывания воды в почву, в том числе при поливе дождеванием, занимались многие советские и зарубежные ученые – это: Ф.Г. Абрамов, С.Ф. Аверьянов, И.П. Айдаров, А.А. Богушевский, А.П. Болдырев, А.И. Будаговский, В.В. Ведерников, А.М. Глобус, А.И. Голованов, М.С. Григоров, Н.Н. Дубенок, В.П. Заднепровский, Н.С. Ерхов, А.П. Исаев, О.В. Кантор, А.Н. Костяков, И.П. Кружилин, И.А. Кузник, В.Я. Кулик, Б.М. Лебедев, Г.Е. Листопад, Б.С. Маслов, Б.Ф. Никитенков, Ю.Н. Никольский, Б.О. Миленин, В.И. Ольгаренко, Ю.П. Поляков, Л.М. Рекс, И.Б. Усков, Б.Б. Шумаков, И.Г. Штефырца, Н.П. Чеботарев, В.Я. Чичасов, Д.Р. Филипп, F.K. Allibury, H. Ghadiri, D.E. Line, С. Цонев и другие.

Полевые опыты по напорному впитыванию воды в почву проведены в колхозе «Россия», Харабалинского района, Астраханской области (1980 г.). Почвы опытно-производственных участков являются типичными для данной зоны -

это бурые полупустынные почвы (39% от общей площади области), по гранулометрическому составу – это средние суглинки с коэффициентом фильтрации в пределах 0,5...0,7 мм/мин.

Для сравнения скорости впитывания воды и стоков в почву проведены лабораторные опыты в ВНИИ по сельскохозяйственному использованию сточных вод «Прогресс» (Московская область). Лабораторные опыты по напорному впитыванию воды и стоков осуществлены в стеклянных цилиндрах (диаметром 15 см и высотой 40 см) с насыпной почвой, взятой с опытных участков в Астраханской области, или на бурых полупустынных почвах.

В лабораторных условиях изучалась скорость впитывания воды и стоков в почву, скорость движения фронта увлажнения в почве или скорость просачивания воды в почве (приращение глубины продвижения нижней границы фронта увлажнения по времени), высота осадки почвы после полива и испарение влаги с поверхности почвы. Высота насыпной почвой составляла 25-30 см и навеска почвы массой – 2,8-3,0 кг. Испарение с поверхности почвы определено за счет уменьшения массы влажной почвы во времени.

В опытах изменялся размер почвенных фракций (диаметр  $d_{фр}$ ) от <1 до <2÷5 мм или уменьшалась *плотность* почвы от 1,417 до 0,972÷0,876 г/см<sup>3</sup> или на 31÷38%. Гидравлическая схема изучения напорного впитывания воды в почву на заливаемых площадках в полевых условиях представлена на рисунке 1а, в цилиндрах с насыпной почвой в лабораторных опытах - на рисунке 1б.

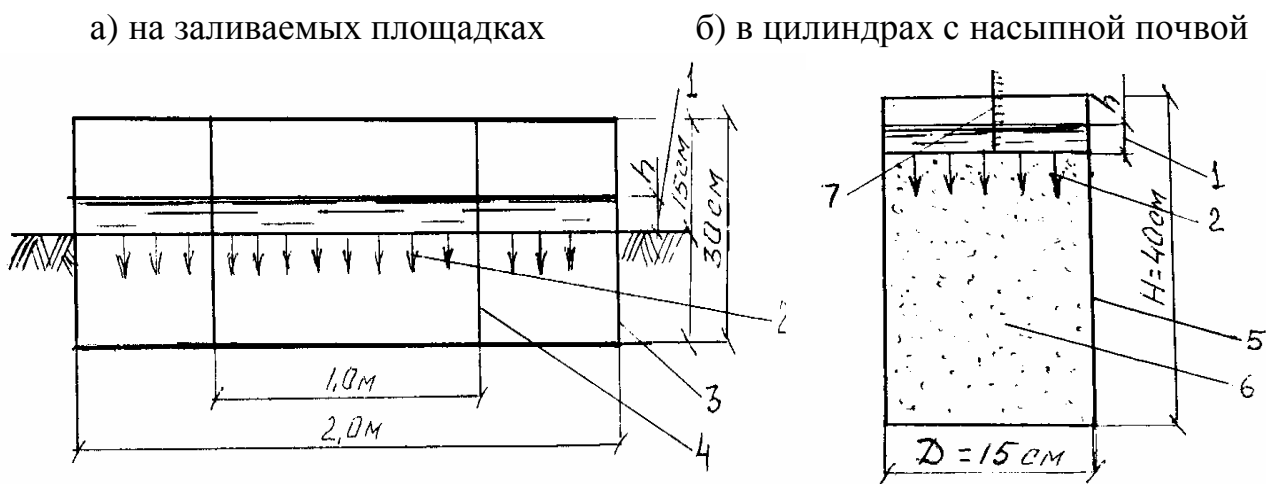


Рисунок 1 - Гидравлическая схема напорного впитывания воды в почву а) на заливаемых площадках, б) в цилиндрах с насыпной почвой: 1- напор (слой воды на поверхности почвы), 2 - инфильтрация воды в почву, 3 и 4 - наружная и внутренняя рамы, 5 - стеклянный цилиндр, 6 - почва, 7 - мерная линейка

Для лабораторных опытов с поливами использованы животноводческие стоки крупного рогатого скота (КРС) совхоза им. Лакина Владимирской области. Стоки, предназначенные для полива дождеванием, имели начальную

«влажность»  $W=98$  и  $96\%$  или содержание сухого вещества  $p=2$  и  $4\%$ , где последние названы концентрированными. Полив проводился водой, с разбавленными (1:5 и 1:8) и не разбавленными стоками (стоки). Межполивной период между 1 и 2-м поливами составил 60, а 2 и 3-м - 120 суток.

Напорное впитывание воды в почву в полевых условиях изучалось методом Нестерова - на заливаемых площадках. Площадка включала две металлические рамы высотой по 30 см: внутренняя размером 1×1 м, наружная - 2×2 м. Во внутренней раме непосредственно замерялся слой впитавшейся воды, а за счет наружной рамы устранялось влияние бокового растекания воды. Рамы врезались в почву на глубину 15 см, и на 15 см грани рам выступали над поверхностью земли. Во внутренней и наружной рамах поддерживался один и тот же уровень воды. В полевых и лабораторных опытах принята равная величина поливной нормы - это  $600 \text{ м}^3/\text{га}$ , или слой воды в 60 мм.

По впитыванию воды и животноводческих стоков в почву проведено 3 полива по 7 схемам. Схемы опытов по впитыванию воды и стоков в почву обозначены при поливе водой - «вода», стоками - «стоки», «стоки-вода-стоки» - 1-й полив стоками, 2-й - водой и 3-й - стоками и т.д. Первый и второй поливы в схеме 7 проведены животноводческими стоками с сухим остатком  $p=2\%$  (влажностью стоков  $W=98\%$ ), а 3-й полив - концентрированными стоками с сухим остатком  $p=4\%$  ( $W=96\%$ ). В остальных шести схемах 2-й полив проведен водой. В схемах 5 и 6 стоки разбавлялись в соотношении 1:5 и 1:8. Результаты лабораторных опытов представлены на рисунке 2 и в таблице 1.

Таблица 1 - Продолжительность впитывания поливной нормы при поливе водой и животноводческими стоками

№ схемы	$d_{\text{фф}}$ , мм	Очередность полива			Продолжительность впитывания поливной нормы (мин) при очередности полива		
		1	2	3	1	2	3
1	<1	вода	вода	вода	21,0	26,3	33,0
2	<2	вода	вода	вода	18,2	20,2	23,2
3	<5	вода	вода	вода	2,8	9,58	12,0
4	<1	стоки	вода	стоки	64,0	35,8	196,0
5	<1	стоки 1:5	вода	стоки 1:5	52,0	30,2	134,0
6	<1	стоки 1:8	вода	стоки 1:8	33,8	28,3	132,0
7	<5	стоки	стоки	вода	12,0	50,5	19,7

Примечание: При снижении продолжительности впитывания поливной нормы, соответственно, повышается скорость ее впитывания ее в почву.

а) размер фракций почвы    б) разбавление стоков    в) очередность полива

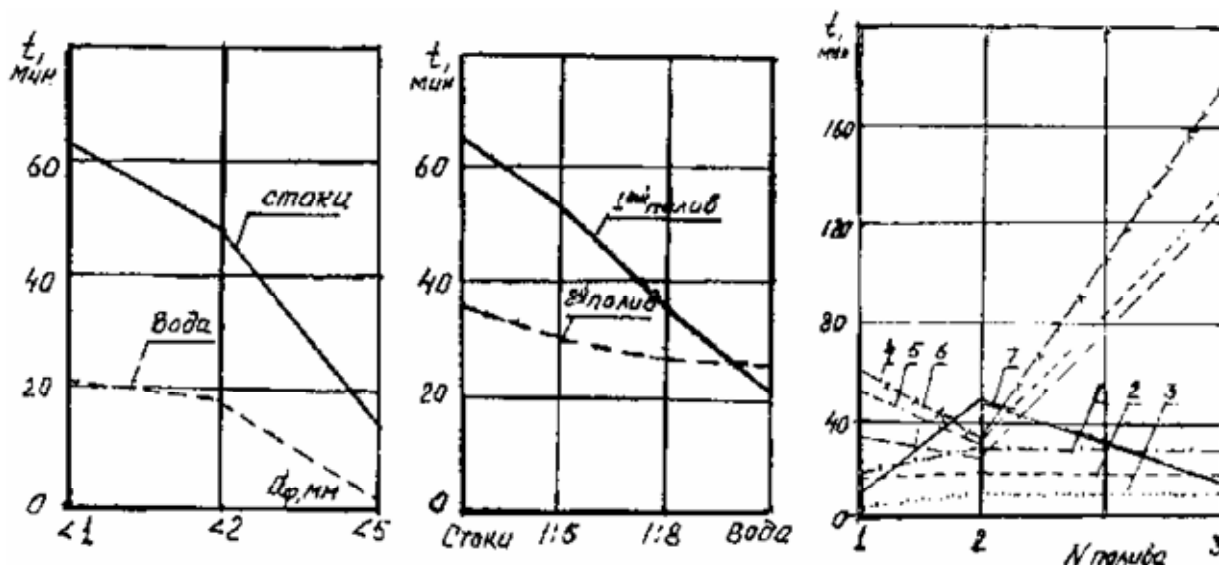


Рисунок 2 - Зависимость продолжительности впитывания поливной нормы для воды и стоков от: а) размера фракций почвы; б) степени разбавления стоков в почву с  $d_{фр} < 1$  мм (1-й полив стоками и 2-й полив водой); в) очередности полива водой (1, 2 и 3): для почвы с  $d_{фр}$ : <1, 2 и 5 мм - 1, 2, 3;  $d_{фр} < 1$  мм и схем «стоки-вода-стоки» - 4; тоже при разбавлении стоков в соотношении 1:5 и 1:8 - 5 и 6;  $d_{фр} < 5$  мм и схема «стоки-стоки-вода» - 7 (цифры - № схемы)

Водно-физические свойства почв определены по стандартным методикам. При проведении экспериментальных исследований использовались общепринятые методики, стандартные приборы и оборудование. Результаты экспериментальных данных обработаны на ЭВМ с применением методов математической статистики и стандартных программ.

Данные лабораторных опытов со стоками показали, что увеличение размера фракций почвы ( $d_{фр}$ ) от <1 до <2÷5 мм:

- увеличило *плотность почвы* после 1-го полива водой (контроль) и стоками - от 1,5 до 9÷4% и от 1,5 до 7÷2%; после двух поливов - от 2 до 12÷13% и от 2 до 11÷12% или полив уплотняет почву и разрушает почвенные фракции, значительней крупные фракции ( $d_{фр} > 5$  мм);

- повысило *влагозапасы в почве* (слой воды от вылитой поливной нормы - 60 мм) после 1-го полива водой и стоками - в 1,2÷2,4 и 1,3÷2,2 раза (от 5,8 и 8,2 мм), после 2-го полива - 1,4÷3,7 и 1,7÷3,6 раза (от 4,2 и 7,1 мм).

Продолжительность впитывания воды (поливной нормы 60 мм) в почву:

- снижается при *укрупнении размера фракций почвы* от  $d_{фр} < 1$  до 2÷5 мм (рис. 2а) для 1-го полива водой от 21,0 до 18,2÷2,8 мин и стоками - от 64 до 48÷12 мин, соответственно увеличивается скорость ее впитывания для воды и размера фракций 2÷5 мм (по сравнению с  $d_{фр} < 1$  мм) в 1,2÷7,5 раза и стоков в

1,3÷5,3 раза. Скорость впитывания стоков в почву с  $d_{фр}$  1÷5 мм снижается по сравнению с водой от 2,9÷21,4 до 0,9÷5,0 мм/мин или в 3,2÷4,3 раза;

- увеличивается при *повторном поливе* (рис. 2б) или изменении очередности полива (от 1-го до 2-го) для почвы с фракциями <5 мм при поливе водой после воды от 2,8 до 9,6 мин (в 3,4 раза) и стоками после стоков - от 12,0 до 50,5 мин (в 4,2 раза). Скорость впитывания стоков по сравнению с водой снижается за 1-й и 2-й поливы - в 4,3 и 5,3 раза при незначительном увеличении плотности почвы (для воды - на 4 и 13% и стоков - на 2 и 12%).

- увеличивается при повышении *концентрации стоков* (от 1/8 до 1/5, 1,0). или уменьшении степени их разбавления (рис. 2б) от 1:8 до 1:5 и неразбавленных стоков с исходным содержанием сухого вещества в стоках  $p=2\%$  (схемы 6, 5 и 4) по сравнению со схемой «вода» за 1-й полив почвы с  $d_{фр}<1$  мм - от 21 мин до 33,8; 52,0 и 64,0 мин или в 1,6; 2,5 и 3,0 раза;

- увеличивается при повышении *содержания сухого вещества в стоках* от 2 до 4% за 1÷3-й поливы почвы с  $d_{фр}<1$ мм в схеме «стоки-вода-стоки» - от 21÷33 до 64÷196 мин или в 3,0÷5,9 раза. Соответственно снижается скорость впитывания разбавленных стоков за 1-й полив от 2,86 до 1,78÷0,94 мм/мин и за 2-й полив водой после стоков - от 2,28 до 2,12÷1,68мм/мин (в 1,1÷1,4 раза).

- зависит от *схем полива* (рис. 2в) и увеличивается при поливе: водой после воды для почвы с размерами фракций  $d_{фр}<1$  мм - в 1,2 раза,  $d_{фр}<5$  мм - 3,4 раза, стоками после стоков для почвы с  $d_{фр}<5$  мм - 4,3 раза, водой после стоков для почвы с  $d_{фр}<1$  мм - в 1,8 раза.

*Скорость движения фронта увлажнения* (просачивания воды в почве) снижается по сравнению с водой при уменьшении степени разбавления стоков (рис. 2,б) до разбавленных стоков в соотношении 1:8, 1:5 и неразбавленных стоков за 1-й полив почв с  $d_{ф}$  от <1 до <2÷5 мм: от 7,14 до 4,71÷2,69 мм/мин в 1,5÷2,6 раза, 2-й полив - от 6,79 до 5,62÷4,8 мм/мин - в 1,2÷1,4 раза.

Скорости *впитывания и просачивания* поливной нормы увеличиваются: при укрупнении размера фракций почвы от <1 до <5 мм для 1-го полива водой в 7,5 и 6,4 раза и стоками - в 5,3 и 4,2 раза (в большей степени при поливе водой), для 2-го полива водой - в 2,8 и 2,5 раза. При поливе стоками после стоков почв с фракциями  $d_{фр}<5$  мм по сравнению с водой снижается скорости впитывания и просачивания в 5,3 и 3,4 раза. Скорость просачивания превышает скорость впитывания воды и стоков в почву с фракциями  $d_{фр}<1$  мм за 1-й полив в 2,5 и 2,9 раза и  $d_{фр}<5$  мм - в 2,1 и 2,2 раза (рис. 3).

При поливе животноводческими стоками на поверхности почвы образуется кольматирующая пленка, которая к следующему поливу высыхает и образованная корка снижает скорость впитывания при повторном поливе, особенно при поливе стоками после стоков. Однако при поливе водой после стоков скорость впитывания воды в почву несколько повышается по сравнению с предыдущим

поливом стоками, или восстанавливается впитывающая способность почв, поэтому целесообразно чередовать поливы стоками с водой.

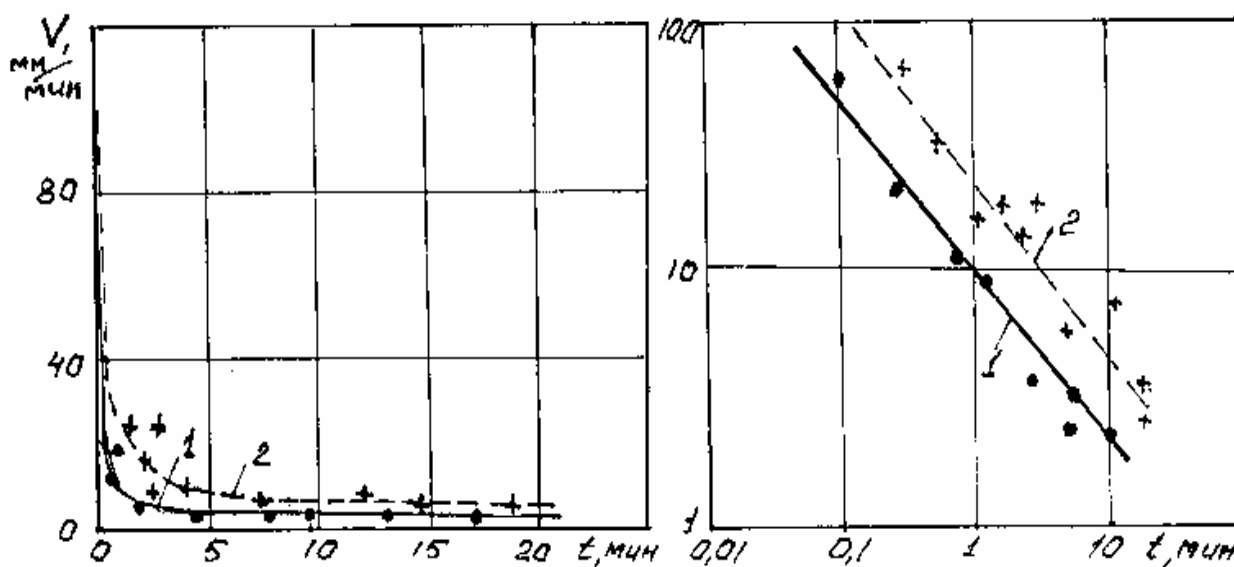


Рисунок 3 - Скорость впитывания (1) и просачивания (2) воды в почву с фракциями  $d_{фр} < 1$  мм за 1-й полив (в обычной и логарифмической шкале)

Скорость впитывания стоков стремится к скорости впитывания чистой воды и ее величина снижается: при уменьшении размера фракций почвы ( $d_{фр} <$  от 5 до 1 мм) или увеличении ее плотности; повторном поливе (от 1 до 2 и 3-го), повышении содержания сухого вещества в стоках ( $p$  от 2 до 4%) и уменьшении степени разбавления стоков (от 1:8 до 1:5 и стоки) или увеличении их концентрации (от 1/8 до 1/5, 1,0).

Данные лабораторных опытов по скорости напорного впитывания и просачивания воды и стоков в почву сравнены с впитыванием той же поливной нормы (60 мм) в полевых условиях Астраханской области на тех же бурых полупустынных почвах. За базовый вариант принята почва с размером фракций  $< 1$  мм. Результаты экспериментов обработаны на ЭВМ, получены уравнения для расчета скоростей *впитывания и просачивания* воды и стоков в почву при изменении размера фракций почвы, очередности, или номера полива и степени разбавления стоков за три полива по 7 схемам опытов.

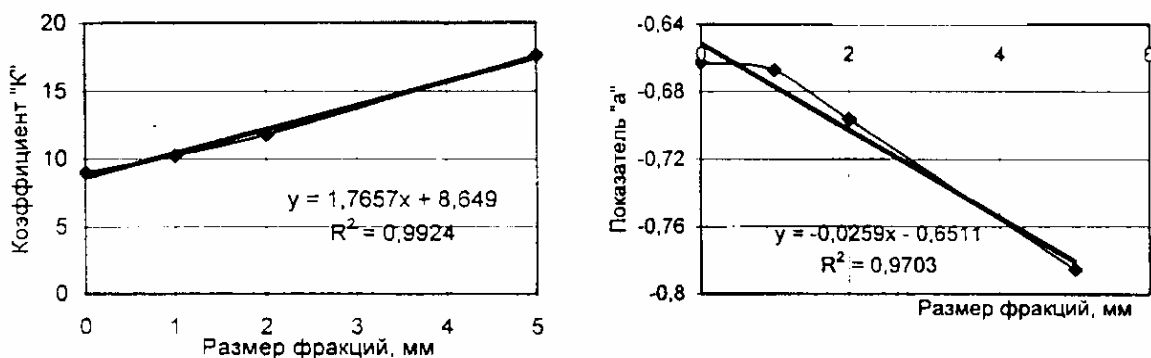
Полученные кривые скоростей впитывания воды и стоков в почву описываются зависимостью аналогично А.Н. Костякову в виде:

$$V = K \cdot t^{-\alpha}, \text{ мм/мин,} \quad (1)$$

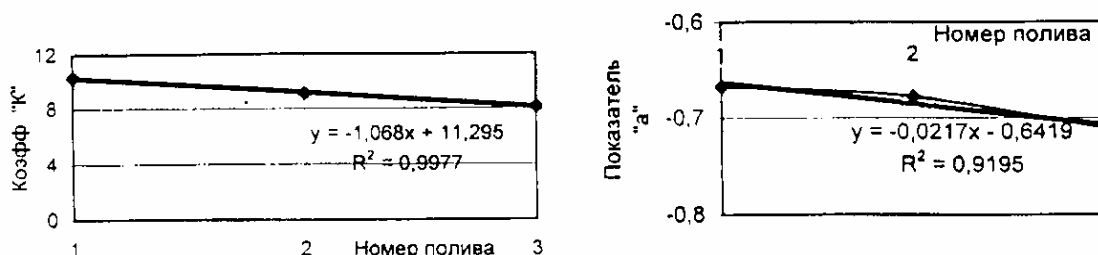
где:  $K$  и  $\alpha$  – эмпирические коэффициенты;  $\alpha$  - показатель степени, или показатель затухания процесса впитывания,  $t$  - продолжительность впитывания или просачивания воды и стоков, мин.

По всем вариантам опытов определены средние значения эмпирических коэффициентов ( $K$  и  $\alpha$ ). Обработка опытных данных методом регрессивного анализа позволила получить зависимости коэффициентов « $K$ » и « $\alpha$ » от различных факторов с соответствующими коэффициентами корреляции  $R$ . Результаты полученных значений представлены на рисунке 4.

а) размер фракций грунта



б) номер полива



в) степень разбавления животноводческих стоков

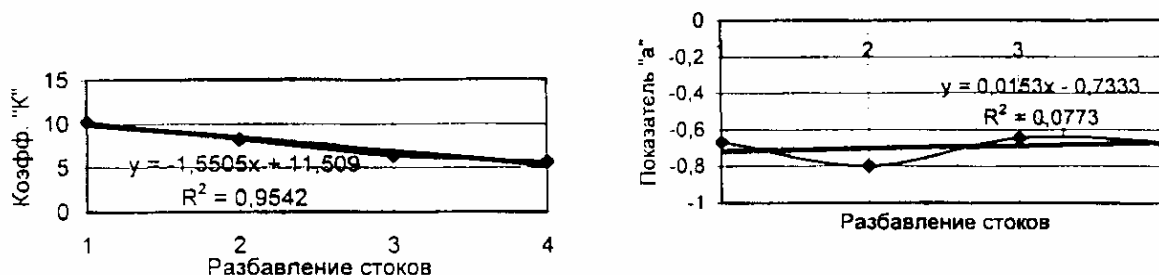


Рисунок 4 - Зависимость коэффициента « $K$ » и показателя степени « $\alpha$ » от размера фракций почвы, очередности (номера) полива и степени разбавления стоков

Анализ полученных данных по эмпирическим коэффициентам « $K$ » и « $\alpha$ » показал, что их значения изменяются в широких пределах.

*Коэффициент « $K$ » при впитывании воды и стоков в почву:*

- *повышается* при увеличении размера фракций почвы  $d_{фр}$  от  $<1$  до  $2 \div 5$  мм для воды от 10,2 (база) до 17,6 или в  $1,2 \div 1,7$  раза;

- *снижается* от 1-го до 2-3-го поливов водой почвы с  $d_{фр} < 1$  мм от 10,2 до  $9,1 \div 8,1$  (в  $1,1 \div 1,3$  раза), для 1-го полива стоками почвы с  $d_{фр} < 1$  мм до 5,7 (в 1,8 раза),  $d_{фр} < 5$  мм - от 17,6 до 15,2 (1,2 раза) и при поливе водой в полевых условиях - до 9,0 (в 1,1 раза).

*Коэффициент “К” при просачивании* воды и стоков в почву:

- повышается при увеличении размера фракций почвы  $d_{фр}$  от  $<1$  до  $2\div 5$  мм для воды от 23,2 (база) до 25,8 и 39,9 (в  $1,1\div 1,7$  раза);

- снижается от 1-го до  $2\div 3$ -го полива водой почвы с размером фракций  $d_{фр}<1$  мм от 23,2 до 20,7 и 19,6 (в  $1,1\div 1,2$  раза), стоками почвы с  $d_{фр}<1$  мм - от 23,2 до 17,8 (в 1,3 раза) и  $d_{фр}<5$  мм - от 39,9 до 28,7 (в 1,4 раза).

*Показатель степени “α”* - меньше варьирует от 0,67 (база), так при впитывании воды в почву его значение повышается: при увеличении размера фракций почвы с  $d_{фр}$  от  $<1$  до  $2\div 5$  мм - от 0,67 до 0,70 и 0,80 (в 1,01 и 1,2 раза); от 1-го до 2 и 3-го полива водой почвы с  $d_{фр}<1$  мм - от 0,67 до 0,68 и 0,71 (в 1,01 и 1,06 раза), при поливе стоками почвы с  $d_{фр}<1$  мм - до 0,80 (в 1,2 раза). Значение показателя степени для полевых условий практически равен базовому варианту (больше в 1,01 раза).

Полученные зависимости эмпирических коэффициентов “К” и “α” при изменении:

1. *крупности фракций* почвы ( $d_{фр}$ , мм) при поливе водой (рис. 4,а), где коэффициент  $K = 1,7657 \cdot d_{фр} + 8,649$ , мм/мин, при  $R^2=0,9924$  (2)

показатель степени  $\alpha = -0,02259 \cdot d_{фр} - 0,6511$ , при  $R^2=0,9703$ , (3)

2. *очередности полива* (n) для фракций почвы  $d_{фр}<1$  мм (рис. 4,б), где коэффициент  $K = -1,068 \cdot n + 11,295$ , мм/мин, при  $R^2=0,9977$  (4)

показатель степени  $\alpha = -0,0217 \cdot n - 0,6419$ , при  $R^2=0,9195$ , (5)

3. *степени разбавления стоков* (в соотношении  $S=1:8$ ,  $1:5$  и неразбавленные стоки  $S=1,0$  (рис.4,в), где

коэффициент  $K = -1,5505 \cdot S + 11,509$ , мм/мин, при  $R^2=0,9542$ , (6)

показатель степени  $\alpha = 0,0153 \cdot S - 0,7333$ , при  $R^2=0,773$ . (7)

По всем зависимостям отмечена достаточно тесная корреляционная связь ( $R^2$ ), а по уравнениям связи показателя степени “α” от степени разбавления стоков получен низкий коэффициент регрессии, вероятно из-за нелинейной связи выбранного порядка разбавления стоков ( $1:8$ ,  $1:5$  и стоки) и показан в качестве примера.

*Влияние животноводческих стоков* отмечено для почвы с  $d_{фр} 1\div 5$  мм:

- снижением скорости впитывания поливной нормы до  $3,2\div 4,3$  раза;
- незначительным сохранением почвенных агрегатов (на 1-2%);
- увеличением влагозапасов в почве после 1-го и 2-го поливов на  $43\div 31$  и  $69\div 64\%$  ( $2,5\div 4,3$  и  $2,9\div 10,0$  мм).

На основании данных опытов установлено, что скорость впитывания животноводческих стоков значительно снижается по сравнению с чистой водой и зависит от ряда факторов, в том числе от размера фракций почвы, очередности полива, степени разбавления стоков, содержания сухого остатка и других факторов, что следует учитывать при проектировании и эксплуатации оросительных систем с использованием сточных вод.



## **МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

**А. П. Лихацевич, Е. И. Волкова**

Институт мелиорации, Минск, Беларусь

Решение проблемы заблаговременного прогнозирования урожаев является одним из актуальнейших направлений аграрной науки, востребовано сельхозпроизводителями, вызывает живой интерес исследователей. Предполагается, что для точного прогноза урожаев необходимо исследовать, понять и описать основные процессы, происходящие в растении во время роста, закономерности формирования урожая, зависимости и взаимосвязи урожая сельскохозяйственных культур с факторами среды, т.е. моделируется весь сложный процесс роста и развития растений.

Ценность моделирования состоит не только в том, что оно является основой для прогнозирования урожаев, моделирование дает возможность на основе исследованных и установленных принципов разрабатывать интегрированные системы программирования урожаев, выращивания сельскохозяйственных культур с учетом состояния почвы и посевов, метеорологических условий, развития вредных организмов, экономических и других факторов. На этой основе совершенствуются технологии выращивания и внедряются в производство более урожайные культуры и сорта.

В настоящее время в Республике Беларусь нашел широкое применение прогноз урожая, составляемый в период вегетации растений, основанный на учете состояния посевов и сложившихся метеорологических условий, которые оцениваются скорее качественно, чем с помощью точных моделей. Кроме того, используются регрессионные модели. Причем показателями состояния посевов служит густота продуктивных стеблей на  $1 \text{ м}^2$ , высота растений, число колосков в колосе, масса 1000 зерен и другие. Для оценки агрометеорологических условий обычно используются запасы влаги к моменту сева либо в отдельные межфазные периоды, температура воздуха и количество осадков в наиболее важные отрезки вегетации растений, часто применяются различные сочетания указанных метеозаэментов, а также дефицит влажности воздуха для характеристики условий испарения влаги с почвы и листовой поверхности. При наличии года-аналога сведения по нему также используются при составлении прогноза.

Моделирование роста, развития, урожайности сельскохозяйственных культур – сложная и многогранная задача. Чтобы учесть влияние на растение многочисленных факторов: почвенных, климатических, погодных, агротехнических, экономических, организационных, необходим системный подход, боль-

шой объем результатов исследований. Не обойтись без математических методов, знаний по физиологии, селекции и продукционным процессам растений, агроклиматологии, почвоведению, агрохимии. Все это обязательно должно сочетаться с интуитивными навыками ввиду огромного разнообразия проявлений взаимодействия растений и внешней среды.

Существующие модели разнообразны, но их можно сгруппировать по уровням сложности, применимости и распространению. В настоящее время в исследованиях количественных связей урожая с факторами, биологическими особенностями растений применяют различные методы, основанные на балансовых уравнениях, математико-статистических и динамических имитационных моделях формирования урожая.

Балансовые уравнения основаны на изучении всех статей расхода и прихода каждого из изучаемых факторов. Такие модели относительно просты, но приближены ввиду неточности определения величин прихода и расхода фактора. Входящие в балансовое уравнение коэффициенты изменяются в зависимости от тех же факторов, которые определяют и величину самого урожая.

Примером балансовой модели могут служить разработанные в Белорусском институте почвоведения и агрохимии нормативы прибавок урожайности от удобрений для среднепогодных погодных условий, методики прогноза урожая по эффективному плодородию почвы: баллу бонитета и цене балла пашни.

Широкое распространение получили также математико-статистические модели. Это более сложные модели, чем балансовые, построены они на производственных функциях, которые представляют собой регрессионные модели, выражающие количественную связь урожая с факторами производства, к которым относятся как материально-технические и экономические ресурсы, так и агроклиматические и почвенные показатели. Регрессионные модели обычно применимы в погодных и почвенных условиях, близких к условиям проведения эксперимента. В силу случайного характера погодных условий расчет возможного урожая ведется по средним многолетним данным с одновременным определением вероятности получения запланированного урожая.

Агрометеорологические прогнозы базируются на учете основных элементов структуры урожая, из которых складывается его величина, - количество растений на  $1 \text{ м}^2$  при уборке, продуктивная кустистость, число колосков на единице площади, число зерен в колоске, масса 1000 зерен, учитываются продуктивные влагозапасы [1].

Динамические модели более сложные, специфичные и трудоемкие, требуют четкого формулирования цели и области применения модели, от которых зависит ее сложность, объем экспериментов. Необходимо знание особенностей роста и развития растений: фазы развития, прирост надземной и подземной частей, особенности протекания продукционного процесса в каждой фазе. Для пе-

рехода к модели необходима формализация всех процессов, идентификация всех параметров (факторов). Как правило, такие модели базируются на сложных системах уравнений, в том числе дифференциальных, должны учитывать разные факторы с большей или меньшей детализацией. Такие модели активно использовались в России, где издано много работ по моделированию продукционного процесса растений. Разработаны модели важнейших жизненных процессов растений: фотосинтеза, дыхания, роста, минерального питания. Исследованы процессы энерго- и массообмена в среде обитания растений [1-7].

К настоящему времени разработаны комплексные модели формирования урожая пшеницы, кукурузы, сои, сахарной свеклы и других культур. Достоинством комплексных имитационных моделей роста является то, что их структура не препятствует дальнейшему совершенствованию, связанному с углублением и развитием знаний в соответствующих областях исследований.

Примерами моделей могут служить комплексная модель урожайности зерновых и кормовых культур, разработанная во ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса; методы прогнозирования урожайности озимой ржи, озимой пшеницы, ярового ячменя и картофеля для субъектов РФ, предложенные Всероссийским НИИ сельскохозяйственной метеорологии; базовая модель формирования урожая сельскохозяйственных культур, основанная на достаточно общих закономерностях биологических процессов и применении доступной агрометеорологической информации; методы прогноза с сайта Росгидромета; методы математического описания процессов влияния гидрометеорологических условий среды на продуктивность растений и другие.

Известные модели различны по числу учитываемых факторов и степени их детализации. У них есть достоинства и недостатки: схематичность, трудности при попытке охватить всю сложность и многосторонность продукционного процесса. Например, теоретические модели существуют уже несколько десятилетий, но в республике пока они не получили широкого применения ввиду их сложности. Теорию продукционного процесса сложно приближать к производственным условиям без учета факторов и степени их влияния на урожай, без разработки адекватного для практики математического описания.

При разработке моделей важно уточнить понятие фактора, параметра. Главнейшее условие: фактор должен иметь количественное выражение. В то же время многие из факторов воспринимаются только качественно: биологические (сорт, развитие вредителей и болезней), экономические (применяемые удобрения, машины, орудия, ядохимикаты и др.), технологические, организационные (подбор полей, соблюдение севооборотов, выполнение агроприемов и др.), метеорологические (условия влагообеспеченности, условия перезимовки растений и др.).

Например, мы рассматривали в качестве факторов влияния на урожай сельскохозяйственных культур метеоданные, режимы тепловлагообеспеченно-

сти, питательный режим. Решалась задача выделения по исходным данным лимитирующих факторов, действующих на рост и развитие сельскохозяйственных культур. Показатели, критерии оценки тепловлагообеспеченности существовали и ранее, они представлены как простыми показателями: суммами температур, осадков, влагозапасами, так и комплексными показателями: в частности, Г.Т. Селяниновым предложен комплексный показатель, представляющий отношение сумм выпадающих осадков к суммам активных температур. Показатели для оценки предлагали также Будыко М.И., Иванов Н.Н., Шашко Д.И., Педь Д.А. и другие исследователи.

Были проанализированы различные применяемые в агрометеорологическом прогнозировании критерии, в частности: продолжительности периодов со средней суточной температурой выше различных пределов; сумма температур воздуха; сумма эффективных температур и многие другие. Предложенные (как простые, так и комплексные) критерии для оценки условий тепло- и влагообеспеченности могут применяться как для всего вегетационного периода, так и для отдельных месяцев, декад, фаз развития растений.

В Институте мелиорации и луговодства НАН Беларуси разрабатывается модель урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от комплекса основных регулируемых и нерегулируемых факторов. Наши исследования направлены на решение конкретной задачи: изучение закономерностей влияния метеоусловий на продукционный процесс растений и поиск оптимальных значений параметров основных факторов по фазам развития [8-10].

Гипотеза: любая сельскохозяйственная культура в процессе естественного или искусственного отбора выработала свои требования к условиям окружающей среды, для культуры характерен определенный диапазон изменения фактора, в пределах которого действие фактора будет благоприятным, оптимальным. Исходный потенциал растения заложен в его семени. Качество семенного материала определяет потенциал продуктивности сельскохозяйственной культуры. Конечный урожай формируется в течение вегетации, когда растение последовательно проходит определенные фазы развития и накапливает результаты реакции на изменяющиеся условия окружающей среды.

Мы отталкиваемся от основных законов земледелия, в частности, закона лимитирующего фактора, минимума (оптимума, максимума). Суть их такова: чем больше отклонение фактора от оптимального значения, тем меньше урожай культуры (при условии, что другие факторы неизменны).

Проверялась модель изначально с использованием ежедневных среднесуточных температур и осадков для метеостанции «Полесская» Лунинецкого района за 1974-2005 гг., урожайностях озимых зерновых на стационаре Полесской опытной мелиоративной станции с постоянным уровнем питания ( $P_{60}K_{150}$ ) за те же годы, урожайностях ярового тритикале за 2001-2005 годы. Изменчивость урожайности на стационаре с постоянным и неизменным за многолетие режи-

мом внесения удобрений и уровнем агротехники должна иллюстрировать влияние других нерегулируемых метеорологических факторов на рост и развитие сельскохозяйственных культур. В настоящее время модель апробируется и на других данных, в том числе опубликованных.

Урожай сельскохозяйственных культур формируется последовательно, от одной фазы к другой, и для каждой фазы характерны оптимальные значения влияющих факторов, принимающие оптимальные и неоптимальные значения. Каждый последующий период зависит от всех предшествующих. В процессе развития растений элементы структуры урожайности формируются последовательно, например, у зерновых культур продуктивные побеги образуются в фазу кущения. С конца кущения до середины выхода в трубку формируется число колосков в колосе, а масса 1000 зерен – в момент налива зерна.

В ходе наших исследований установлены зависимости урожайности озимой ржи и ярового тритикале от сумм среднесуточных температур, сумм осадков и продуктивных влагозапасов по фазам развития растений. Зависимости урожайности ярового тритикале от факторов тепла и влаги в конкретные фазы развития растений можно обобщить следующим образом: в фазу «посев – 3 листа» наблюдалась прямая корреляция урожайности с влагозапасами и обратная с показателем «сумма среднесуточных температур, деленная на сумму осадков».

При рассмотрении фаз развития ярового тритикале: «3 листа – конец кущения» и «кущение - флаговый лист», которые являются самыми ответственными периодами при формировании урожая, для исследуемых нами лет выявлена следующая тенденция: чем длиннее фаза «3 листа – конец кущения», тем выше получена урожайность ярового тритикале. Продолжительность данной фазы в условиях хорошего обеспечения влагой имела обратную корреляцию с ходом среднесуточных и максимальных температур, и положительную корреляцию - с влагозапасами. Период был длиннее при более прохладных температурах и достатке влаги.

Урожайность зерновых также зависит от запасов влаги и суммы температур в фазу «кущение – флаговый лист». Наблюдается положительная корреляция урожайности как с влагозапасами, так и с суммой температур в этот период.

Сумма температур и влага неоднозначно влияют на продолжительность фаз развития. Причем температурный предел, при накоплении которого растение обязательно перейдет в другую фазу, в исследуемые годы для условий Полесья не установлен. Оптимальность условий тепла и влаги для разных фаз развития ярового тритикале в разные годы оказалась различной. Продолжительности фаз зависят не только от накопления сумм температур, а от целого комплекса факторов. Замечено также, что для лет с высоким урожаем зерновых характерна тенденция увеличения продолжительности вегетационного периода.

Выявленные закономерности должны послужить отправной точкой для разработки такой модели учета влияния факторов и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур (на основе данных по температуре, осадкам и влажности почвы), которая дополнила и уточнила бы применяющиеся в настоящее время в республике виды прогнозов. Это позволит снизить ущербы от неблагоприятных условий погоды, повысить стабильность урожаев и продуктивность зерновых культур. Кроме того, полученные результаты могут оказать существенную помощь при уточнении технологического регламента выращивания зерновых культур.

### **Литература**

1. Уланова Е. С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеиздат, 1975.
2. Ковалев В. М. Теория урожая. – М.: Изд-во МСХА, 2003.
3. Полуэктов Р. А., Смоляр Э. И., Терлеев В. В., Топаж А. Г. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур. – Л.: Изд-во СпБ. университета, 2006.
4. Строганова М. А. Математическое моделирование формирования качества урожая. – Л.: Гидрометеиздат, 1986.
5. Сиротенко О. Д. Математическое описание водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1981.
6. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – М.: Гидрометеиздат, 1988.
7. Тооминг Х. Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984.
8. Лихацевич А. П., Карнаухов В. Н. Модель динамики урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от изменчивости природно-климатических факторов. // Мелиорация переувлажненных земель. – 2005. – № 2(54).
9. Лихацевич А. П., Волкова Е. И. Схема прогноза урожая сельскохозяйственных культур. // Мелиорация переувлажненных земель. – 2006. – № 1(55).
10. Лихацевич А. П., Семененко Н. Н., Волкова Е. И., Журавлев В. А. Влияние влагообеспеченности на продолжительности фенологических фаз развития и урожайность ярового тритикале. // Мелиорация переувлажненных земель. – 2007. – № 1(57).

УДК 631.6

## **ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЕГО УЛУЧШЕНИЮ**

**А.П. Лихацевич, Е.Е. Клевец**

Институт мелиорации, Минск, Республика Беларусь

Осушительная мелиорация земель в Беларуси проводилась с целью вовлечения в сельскохозяйственный оборот потенциально плодородных заболоченных земель, представленных в значительной степени торфяниками, а также для

создания условий расширенного воспроизводства почвенного плодородия на сельскохозяйственных угодьях в тех районах, где лимитирующим фактором плодородия являлось периодическое или постоянное переувлажнение.

В настоящее время в республике свыше 3,4 млн. га осушенных земель, из которых 2,9 млн. га заняты сельскохозяйственными угодьями. Первым регионом, которого коснулась мелиорация в республике, является Белорусское Полесье. Однако с конца 60-х годов прошлого столетия гидромелиоративные мероприятия стали активно проводиться и в Белорусском Поозерье, где широко распространены озерно-ледниковые и холмисто-моренные ландшафты.

Площадь мелиорированных земель в Белорусском Поозерье составляет более 600 тыс. га [5]. От эффективности их использования в сельском хозяйстве во многом зависят экономическая, социальная и экологическая ситуации. Однако в Белорусском Поозерье природные факторы (неоднородность почвенного покрова, пересеченность рельефа и соответствующие гидрологические условия др.) серьезно осложняют сельскохозяйственное использование осушенных земель. Дело в том, что после проведения в регионе первичной осушительной мелиорации в течение последних 15...20 лет произошло значительное преобразование водно-физических свойств и структуры почв, изменился микрорельеф. Это привело к тому, что часть построенных ранее гидромелиоративных систем не отвечает изменившимся условиям и не способна обеспечить требуемый водный режим для возделываемых культур. Следствием воздействия природных факторов является периодическое затопление понижений на мелиоративных объектах, приводящее не только к снижению и потерям урожаев сельскохозяйственных культур, но и ко вторичному заболачиванию и зарастанию древесно-кустарниковой растительностью пониженных мест. В результате этих процессов идет восстановление домелиоративного состояния земель, нарастают мелкоконтурность и закустаренность

Хаотичный разброс по площади мелиоративного объекта локально переувлажненных участков разной площади и конфигурации создает известные неудобства при машинной обработке полей, вследствие чего производительность техники при вспашке может снижаться на 30-40% при культивации и бороновании – на 10-20, при севе зерновых – до 15%.

Оценка современного состояния мелиорированных минеральных земель проводилась в пределах 3-х административных районов Витебской области (Шарковщинского, Глубокского и Сенненского), где преобладают типичные для Белорусского Поозерья озерно-ледниковые, моренно-озерные и холмисто-моренно-озерные ландшафты [3].

Низменные озерно-ледниковые ландшафты характеризуются плоским или слабоволнистым рельефом с глубиной расчленения менее 5 м/км<sup>2</sup> и преобладанием в структуре почвенного покрова дерново-подзолистых заболоченных и дерновых заболоченных почв, развитых на озерно-ледниковых суглинках и

глинах. В таких условиях дренаж зачастую не может обеспечить требуемой интенсивности осушения и выровненности водного режима на всей площади мелиоративного объекта.

Ландшафты с холмисто-моренным рельефом имеют максимальное распространение в восточной части Белорусского Поозерья (в том числе в Глубокском и Сенненском районах Витебской области). В условиях большого разнообразия типов и форм рельефа в виде чередования неодинаковых по размерам холмов и межхолмных понижений (котловин) и мозаичности литологического строения сформировалась исключительно сложная и резко контрастная структура почвенного покрова с доминированием небольших по площади почвенных контуров (1-3 га). Современные процессы послемелиоративного преобразования рельефа протекают на фоне плоскостной эрозии, массового смещения почвенного материала на склонах, локального заболачивания [4]. Для этих территорий характерны пестрые, сильно разветвленные пути миграции влаги и питательных веществ, что обуславливает сложность оптимизации их сельскохозяйственного использования.

Важным критерием для выбора объектов исследований послужил высокий удельный вес мелиорированных земель в общем фонде сельскохозяйственных земель каждого района. Так в Шарковщинском районе насчитывается 36603 га осушенных земель, что составляет 61% от общей площади сельскохозяйственных земель. Это в основном пахотные земли (82%). В Глубокском районе площадь осушенных сельскохозяйственных земель составляет 27849 га (41% от всех сельскохозяйственных земель), в Сенненском районе - 27465 га (37%). Исследования проводились в течение трех лет на 104 мелиоративных объектах, включающих 187 выделенных участков. Следует отметить, что более 70 % исследуемых мелиоративных объектов были введены в эксплуатацию более 25 лет назад.

По данным экспедиционных исследований 2006 г. в трех изучаемых районах было выявлено 1482 понижения общей площадью 3261 га. Морфометрические и морфологические характеристики всех понижений внесены в базу данных, что дает возможность проводить их всесторонний анализ, включая выбор объектов под реконструкцию. При этом для оценки мелиоративного объекта предлагается использовать коэффициент понижений –  $K_{\text{пон}} = W_{\text{пон}} / F_{\text{мас}}$ , где  $W_{\text{пон}}$  – площадь понижений на массиве, га;  $F_{\text{мас}}$  – общая площадь массива (нетто), га.

Удельная стоимость осушения понижений возрастает с увеличением коэффициента понижений и достигает нормативной при  $K_{\text{п}} = 0,5$ . Причем проведенные нами расчеты показали, что лишь в одном хозяйстве удельная стоимость осушения понижений несколько выше нормативной ( $K_{\text{п}} = 0,57$ ).

Следует особо отметить, что в силу разнокачественности земельные участки имеют различную степень благоприятности для земледелия, что обуславли-



вает и дифференциацию окупаемости применяемых в земледелии производственных ресурсов. На основе материалов кадастровой оценки и величины нормативного чистого дохода по единой для республики шкале Комитетом по земельным ресурсам выделены группы качества (благоприятности) земель.

Обработка данных наших исследований с использованием этой методики показала, что абсолютное большинство выявленных понижений приурочено к полям 1-ой и 2-ой категорий, предназначенных для первоочередного внедрения интенсивных технологий и под зернотравные севообороты. Так, в Шарковщинском районе количество таких понижений составляет 76%, в Глубокском – 71, в Сенненском – 59, или в общем по трем районам – 71%.

Кроме того в Шарковщинском районе на полях, пригодных к использованию для создания улучшенных сенокосов и пастбищ, находится 19% понижений, и лишь 1,5% понижений расположены на участках, предназначенных для перевода в несельскохозяйственные земли. В Глубокском районе на всех полях, для которых даны предложения по организации использования земельных участков с учетом их качества, отмечено 175 депрессионных понижений. В отличие от Шарковщинского в Глубокском районе основное количество понижений расположено на полях, рекомендуемых для использования в зернотравных севооборотах (66,9%) и свыше 3 % на участках, рекомендуемых для перевода в несельскохозяйственные земли. В Сенненском районе в отличие от Шарковщинского и Глубокского районов большинство вымочек и переувлажненных участков отмечено на полях I категории (30,3%); на полях, рекомендуемых для использования под зернотравные севообороты, – 28,6%, а на полях, предложенных для использования под улучшенные сенокосы и пастбища – 34,6% всех вымочек.

Эти данные необходимо учитывать при выборе объектов реконструкции мелиорированных земель, а также при подборе технологий проведения ремонтно-восстановительных работ.

На основании анализа и обобщения данных, полученных при проведении полевых обследований состояния мелиоративных объектов, а также с учетом литературных, фондовых и картографических материалов разработана многоуровневая структура типизации понижений. Каждый уровень типизации определяет различия и общность по следующим структурным элементам:

- группы ландшафтных районов;
- группы типов почв;
- группы мелиоративных объектов;
- поля оптимизации землепользования;
- понижения.

В каждом уровне выделены подуровни, дифференцирующие понижения по доминантным признакам.

В соответствии с разработанными принципами типизации выделено и охарактеризовано 6 типов понижений на мелиорированных минеральных землях в условиях озерно-ледниковых ландшафтов и 10 типов понижений на мелиорированных минеральных землях в условиях холмисто-моренных ландшафтов [1-2].

Следующим этапом является выбор способа реконструкции, позволяющего наиболее эффективно восстанавливать требуемые технологические свойства мелиорированных земель (например, контурность, обеспечивающую высокопроизводительную работу сельскохозяйственной техники) и решать природоохранные задачи (создавать экологические ниши, коридоры, локальные водоемы). Причем каждому типу понижения соответствует свой набор предлагаемых конструкторских решений и мелиоративных приемов.

В результате предполагается разработать соответствующий нормативный документ, регламентирующий проведение проектно-изыскательских работ и обеспечивающий наилучшие условия для выполнения ремонтов и эксплуатации реконструированных мелиоративных систем.

### **Литература**

1. Высоченко А.В., Капилевич Ж.А., Клевец Е.Е., Ховров Ю.В. Принципы понижений на мелиорированных минеральных землях в условиях низменных озерно-ледниковых ландшафтов // Мелиорация переувлажненных земель. 2006. №2 (56). С. 57-67
2. Высоченко А.В., Капилевич Ж.А., Клевец Е.Е. Характеристика депрессионных понижений на мелиорированных минеральных землях с холмисто-моренным рельефом // Мелиорация переувлажненных земель. 2007. №1 (57). С. 95-101
3. Ландшафты Белоруссии./ Под ред. Г.И.Марцинкевич, Н.К.Клициуновой. Мн.:БГУ, 1989. 240 с
4. Матвеев А.В., Гурский Б.Н., Левицкая Р.И. Рельеф Белоруссии. – Мн.: Университетское, 1988. 317 с
5. Состояние мелиоративных систем и перспективы использования мелиорированных земель / А. П. Лихацевич, В. Г. Гусаков // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. аграрных навук., №3. С.38-48

УДК 631.674:635.646

## **КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ БАКЛАЖАНОВ В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ**

**Е.А. Лукьяненко**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Почвенно-климатические условия Нижнего Поволжья позволяют возделывать широкий ассортимент овощных культур и получать продукцию из открытого грунта в течение большей части года. Важное место среди овощных культур занимают баклажаны.

Баклажан – однолетнее растение, но при благоприятных условиях может быть и многолетним. Культура отличается медленным ростом в первой половине вегетации. Поэтому баклажаны в основном высаживают рассадой.

Исследования проводили в фермерском хозяйстве «Садко» Дубовского района Волгоградской области по схеме закладки двухфакторного полевого опыта. В схеме опытов были варианты дифференциации полива по периодам роста и развития растений баклажанов. Схема опыта по фактору А (водный режим почвы), в соответствии с биологическими особенностями возделываемой культуры, включала четыре варианта режима капельного орошения баклажанов:

**А<sub>1</sub>** – поддержание предполивного порога влажности в активном слое почвы 70-80-70% НВ по схеме: 70% НВ в период «высадка рассады – бутонизация» в слое почвы 0,3 м, 80% НВ – «начало цветения - начало плодообразования» и 70% НВ в период «плодообразование – последний сбор» в слое почвы 0,5 м;

**А<sub>2</sub>** – поддержание предполивного порога влажности почвы 70-80-80% НВ по схеме: 70% НВ в период «высадка рассады – бутонизация» в слое почвы 0,3 м и 80% НВ в период «начало цветения – начало плодообразования» и «плодообразование – последний сбор» в слое 0,5 м;

**А<sub>3</sub>** – поддержание предполивного порога влажности почвы 80-80-70% НВ по схеме: 80% НВ – в период «высадка рассады – бутонизация», «начало цветения - начало плодообразования» в слое почвы 0,3 м и 70% НВ – в период «плодообразование – последний сбор» в слое почвы 0,5 м;

**А<sub>4</sub>** – поддержание предполивного порога влажности 80-90-80% НВ по схеме: 80% НВ в период «высадка рассады- бутонизация» в слое почвы 0,3 м, 90% НВ – «начало цветения – начало плодообразования» и 80% НВ в период «плодообразование – последний сбор» в слое почвы 0,5 м.

В схему опытов по фактору В (пищевой режим) были включены 3 варианта внесения удобрений дозами, рассчитанными на получение 30 (**В<sub>1</sub>** - N<sub>45</sub> P<sub>30</sub> K<sub>0</sub>), 50 (**В<sub>2</sub>** – N<sub>125</sub> P<sub>80</sub> K<sub>30</sub>) и 70 (**В<sub>3</sub>** – N<sub>205</sub> P<sub>130</sub> K<sub>60</sub>) т плодов баклажанов с 1 гектара.

Дозы удобрений рассчитывали на получение планируемой урожайности по методу элементарного баланса, при этом учитывался вынос элементов питания растениями и урожайность культуры.

Нами применялась кассетная технология выращивания рассады. Посев на рассаду проводили в марте, а высадку в мае. Выращиваемая рассада в кассетах высокого качества: 20-22 см высотой с 5-6 хорошо развитыми листьями. Посадку по вариантам опыта проводили по схеме (расстояние между рядами 0,6 м, между растениями в ряду 0,28 м). Расстояние между капельными линиями 1,4 м. Оптимальное количество растений около 50 тыс. шт./га. Одновременно с высадкой рассады проводили полив для улучшения приживаемости растений.

Баклажан требователен к почвенному питанию, поэтому культура хорошо отзывается на внесение органических и минеральных удобрений. Удобрения при капельном орошении вносили непосредственно в зону корня растений.

Водопотребление баклажанов при капельном орошении имеет свои особенности, главная из которых состоит в локальности увлажнения площади орошаемого участка, вследствие чего основная доля водопотребления формируется из зоны увлажнения. С увеличением влагообеспеченности растений возрастает водопотребление.

Коэффициент водопотребления баклажанов на изучаемых режимах орошения изменялся от 69,3 до 156,3 м<sup>3</sup>/т. Среднесуточное водопотребление баклажанов в течение вегетационного периода изменяется в диапазоне 24,2-47,5 м<sup>3</sup>/га. Наиболее интенсивно вода посевами баклажанов потребляется в период плодоношения. При капельном орошении баклажанов поливные нормы изменялись в зависимости от уровня поддержания предполивной влажности почвы от 80 до 137 м<sup>3</sup>/га.

В среднем за годы исследований периода вегетации баклажанов (табл. 1) в зависимости от предполивного порога влажности были проведены поливы: на варианте с режимом орошения 80-90-80 % НВ до 35 поливов. На варианте с поддержанием предполивной влажности почвы на уровне 80-80-70 % НВ - 22 полива, с режимом орошения 70-80-80 % НВ было проведено 22 полива. Поддержание предполивного порога влажности почвы на уровне 70-80-70 % НВ обеспечивалось проведением 17 поливов. Наибольшее число поливов приходилось на май-июнь месяцы. С учетом поливных норм и числа поливов оросительная норма составляет на варианте с режимом орошения 80-90-80 % НВ 3000 м<sup>3</sup>/га, на варианте с поддержанием предполивной влажности почвы на уровне 80-80-70 % НВ – 2500 м<sup>3</sup>/га, с режимом орошения 70-80-80 % - 2600 м<sup>3</sup>/га, при поддержании предполивного порога влажности почвы на уровне 70-80-70 % НВ – 2300 м<sup>3</sup>/га.

Поддержание предполивной влажности почвы на уровне 80-90-80% НВ способствовало повышению максимальной площади листьев на 4,2..5,1 тыс. м<sup>2</sup>/га., на 7,17..14,8 % возросла продуктивность фотосинтеза, и на 10%- 11 % увеличился среднесуточный прирост биомассы баклажанов в сравнении с вариантом, где поливы проводились при снижении порога поливной влажности до 70-80-70% НВ. Максимальная чистая продуктивность фотосинтеза баклажанов получена на варианте с поддержанием предполивной влажности на уровне 80-90-80% и при внесении минеральных удобрений дозой N<sub>205</sub> P<sub>130</sub> K<sub>60</sub> и составила 3,19 г/м<sup>2</sup> сут.

Урожайность 67,1 т/га качественной продукции плодов баклажанов получена на варианте с сочетанием уровня предполивной влажности почвы 80-90-80 % НВ и внесением минеральных удобрений дозой N<sub>205</sub> P<sub>130</sub> K<sub>60</sub>. Получение 50 т/га плодов баклажанов стандартного качества обеспечивается поддержанием влажности почвы на уровне 70-80-80 % НВ или на уровне 80-90-80 % НВ в сочетании с внесением N<sub>205</sub> P<sub>130</sub> K<sub>60</sub> и N<sub>125</sub> P<sub>80</sub> K<sub>30</sub> соответственно. Минимальная урожайность получена на варианте с внесением самых низких доз минеральных

Таблица 1 - Основные показатели продуктивности баклажанов (среднее за 2004-2006 гг.)

В зависимости от водного режима							В зависимости от уровня минерального питания					
Дозы минеральных удобрений кг д.в./га	Уровень предполивной влажности почвы, % НВ	Максимальная за вегетацию площадь листьев,	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м <sup>2</sup> в сутки	Среднесуточные приросты органической массы, кг/га	Урожайность плодов баклажанов, т/га	ΔУ <sub>x</sub> на каждом агрофоне		Уровень предполивной влажности почвы, % НВ	Дозы минеральных удобрений кг д.в./га	Урожайность плодов баклажанов, т/га	ΔУ <sub>x</sub> на каждом фоне режима орошения	
						т/га	%				т/га	%
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>0</sub>	70-80-70	43,8	2,65	62,7	25,7	-	-	70-80-70	N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>0</sub>	25,7	-	-
	70-80-80	47,1	2,73	63,9	27,3	1,6	6,2		N <sub>125</sub> P <sub>80</sub> K <sub>30</sub>	42,8	17,1	66,5
	80-80-70	45,1	2,7	66,1	25,8	0,1	0,4		N <sub>205</sub> P <sub>130</sub> K <sub>60</sub>	51,8	26,1	101,6
	80-90-80	48,9	2,79	69,85	34,0	8,3	32,3		N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>0</sub>	27,3	-	-
N <sub>125</sub> P <sub>80</sub> K <sub>30</sub>	70-80-70	46,4	2,82	73,36	42,8	-	-	70-80-80	N <sub>125</sub> P <sub>80</sub> K <sub>30</sub>	48,8	21,5	78,8
	70-80-80	47,8	2,87	73,83	48,8	6,0	14,0		N <sub>205</sub> P <sub>130</sub> K <sub>60</sub>	58,9	31,6	115,7
	80-80-70	47,1	2,89	75,76	43,9	1,1	2,6	80-80-70	N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>0</sub>	25,8	-	-
	80-90-80	49,0	2,95	83,07	56,2	13,4	31,3		N <sub>125</sub> P <sub>80</sub> K <sub>30</sub>	43,9	18,1	70,2
N <sub>205</sub> P <sub>130</sub> K <sub>60</sub>	70-80-70	46,8	2,98	87,1	51,8	-	-	80-80-70	N <sub>205</sub> P <sub>130</sub> K <sub>60</sub>	53,2	27,4	106,2
	70-80-80	48,3	3,1	88,54	58,9	7,1	13,7		N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>0</sub>	34,0	-	-
	80-80-70	48,2	3,09	88,67	53,2	1,4	2,7	80-90-80	N <sub>125</sub> P <sub>80</sub> K <sub>30</sub>	56,2	22,2	65,3
	80-90-80	51,0	3,19	96,12	67,1	15,3	29,5		N <sub>205</sub> P <sub>130</sub> K <sub>60</sub>	67,1	33,1	97,4

удобрений ( $N_{45} P_{30} K_0$ ) и более жестким режимом орошения 70-80-70 % НВ. В среднем за годы исследований, урожайность на этом варианте составила 25,7 т/га. Анализ полученных данных свидетельствует, что наибольший выход товарной продукции формируется на варианте, сочетающем более благоприятных водный режим почвы и на фоне внесения удобрений.

УДК 631.671

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ В РОССИИ НА ОСНОВЕ ПОДХОДОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

**Ю.С. Лялин**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Оценка текущего состояния и перспектив развития сельскохозяйственных мелиораций в России и, в первую очередь, оросительных мелиораций привлекает в последнее время пристальное внимание. Это связано с необходимостью решения острых проблем обеспечения продовольственной безопасности страны, повышения объемов, стабильности и эффективности сельскохозяйственного производства и снижения его воздействия на окружающую среду.

В настоящем докладе проблемы оросительных мелиораций рассмотрены на основе подходов устойчивого развития. Под «подходами устойчивого развития» понимаются основные положения официальных документов ООН, принятых в 1992, 1997 и 2002 гг./1-3/. Это: «Декларация...» и «Повестка дня на 21 век» (ПД-21), принятые на Конференции по окружающей среде и развитию в 1992 г. в Рио-де-Жанейро; «Программа действий по осуществлению ПД-21» принятая на специальной сессии Генеральной Ассамблеи ООН в 1997 г. (Рио+5) в Нью-Йорке; «Декларация...», «План выполнения решений Всемирной конференции на высшем уровне по устойчивому развитию» и «Многолетняя программа работ Комиссии по устойчивому развитию (КУР) ООН на 2004/2005-2017 гг., принятые в 2002 г. (Рио+10) в Йоханнесбурге. В настоящее время в соответствии с указанной многолетней программой готовится 15-ое заседание КУР по вопросам «Энергия устойчивого развития», «Промышленное развитие», «Загрязнение воздуха/атмосфера», «Изменение климата», которое пройдет в апреле-мае 2007 г. Рассмотрению каждого из вопросов посвящены специальные доклады Генсека ООН, приведенные на официальном сайте КУР. В 2008-2009 гг. основное внимание предполагается уделить вопросам сельского хозяйства, сельского развития, земельных ресурсов, засухи, опустынивания и положению в Африке.

В самом общем виде под устойчивым развитием понимается необходимость комплексного решения социальных, экономических и экологических проблем с учетом интересов нынешних и будущих поколений и сохранения благоприятного состояния ресурсного потенциала и окружающей среды. Общая цель устойчивого развития мирового сообщества в 21 веке четко сформулирована в первом принципе «Рио-де-Жанейрской декларации»: **«Забота о людях занимает центральное место в усилиях по обеспечению устойчивого развития. Они имеют право на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой».** На основе этого и еще 26 принципов указанной декларации в более чем 500-страничной «ПД-21» рассмотрено 40 конкретных проблем мирового развития, которые объединены в разделы: социальные и экономические аспекты, сохранение и рациональное использование ресурсов, усиление роли основных групп населения, средства осуществления. Всем странам рекомендовано выработать свои долгосрочные «Стратегии устойчивого развития» («Повестки дня») на основе материалов ООН и с учетом национальных особенностей. В настоящее время такие долгосрочные стратегии имеются более чем у 100 государств.

«Государственной стратегии устойчивого развития России» на долгосрочную перспективу до сих пор не выработано. Из-за этого многие оперативные, краткосрочные и среднесрочные задачи, стоящие перед страной на разных уровнях решаются недостаточно оптимально, а иногда и ошибочно. В связи с отсутствием официальной стратегии, при рассмотрении отраслевых и региональных проблем устойчивого развития приходится ориентироваться на соответствующие мировые подходы.

Подходы устойчивого развития широко используются в настоящее время в мировой практике при решении проблем сельского хозяйства, оросительных и осушительных мелиораций. Это видно даже из названий и тематики конференций и конгрессов МКИД, которые проводятся практически ежегодно. Предполагается, что для устойчивого развития мирового сообщества к 2015 г. в два раза с 800 до 400 млн. должно быть сокращено количество людей, не получающих достаточного питания, при ожидаемом увеличении общей численности населения с 6 до 8 млрд. Основное приращение необходимой для этого сельскохозяйственной продукции предполагается получить на орошаемых землях. При этом развитие мелиораций увязывается с проблемами сокращения в эти же сроки количества людей, не имеющих доступа к качественной питьевой воде, с 1200 до 600 млн., надежного обеспечения водой других ее пользователей, сохранения и улучшения экологического состояния самих водных систем.

В России использование подходов устойчивого развития в сфере сельскохозяйственных мелиораций рассматривалось в работах ряда ученых

ВНИИГиМ, МГУП и других исследователей /4-8/. В частности, нами под устойчивым развитием оросительных мелиораций понимается их проведение в таком виде, в таких масштабах и такими темпами, которые обеспечивают возможность получения сельхозпродукции определенного состава, объемов и качества при уровнях общей экономической эффективности, социальной адаптации и экологической безопасности, отвечающим особенностям конкретного этапа и общими требованиями перехода страны к устойчивому развитию” /6/. При этом предполагается, что указанные этапы будут отличаться своими конкретными целями, приоритетами в развитии тех или иных сфер общественной жизни, намечаемыми уровнями удовлетворения основных потребностей населения и другими особенностями, которые должны учитываться при решении проблем развития сельхозмелиораций.

Целью оросительных мелиораций, основанных на комплексном использовании земельных и водных ресурсов, является повышение объемов и стабильности получения сельскохозяйственной продукции. Оптимальные пути достижения этой цели определяются общей экономической эффективностью, которая включает результаты и затраты как собственно мелиоративной деятельности, так и производства продукции на мелиорированных землях. В настоящее время нет общепринятого объединяющего названия этих двух видов деятельности. В настоящем докладе мы включаем орошаемое земледелие в состав оросительных мелиораций, поскольку именно орошение дает наибольшее приращение сельхозпродукции.

При системной структуризации оросительных мелиораций (включая орошаемое земледелие) можно выделить 6 основных блоков показателей, так или иначе влияющих на общую эффективность. Это природные условия мелиорированных и прилегающих земель (мелиорируемых территорий); мелиоративно-технические мероприятия, связанные со строительством и эксплуатацией мелиоративных систем и мелиоративной техникой; мелиоративно-сельскохозяйственные, связанные с получением сельскохозяйственной продукции на мелиорированных землях; средоохранные, необходимые для обеспечения экологической безопасности мелиоративной и сельскохозяйственной деятельности; дополнительные положительные результаты; социально-экономические факторы.

Все эти показатели, так или иначе, учитывались ранее при обосновании оросительных мелиораций, но полной увязки не имели в первую очередь из-за сложности, а иногда и невозможности объективной денежной оценки природных ресурсов и воздействия на окружающую среду. Теперь с использованием новых эколого-экономических подходов, основанных на платности природных ресурсов и экономических санкциях за нанесение ущерба окружающей среде,



появилась возможность более обоснованной оценки экономической эффективности и экологической безопасности с учетом необходимости соответствующей социальной адаптации. Эти подходы нашли отражение в федеральной методике оценки экономической эффективности инвестиционных проектов /9/ и составленного на ее основе ведомственного нормативного документа. В последнем дополнительно учитываются: стоимость используемых водных и земельных ресурсов; издержки на утилизацию дренажных, возвратных и сбросных вод; затраты на охрану окружающей среды, а также основные виды рисков, которые могут оказывать существенное влияние на оценку эффективности (политические, экономические, экологические и т.д.).

В настоящее время сложилась крайне сложная обстановка в сфере оросительных и других сельскохозяйственных мелиораций в нашей стране. Значительно с 6,1 до 4,7 млн. га сократилась площадь орошаемых земель. Из оставшихся орошаемых земель поливается 50-60%. Практически отсутствует новое строительство, а реконструкция существующих оросительных систем проводится в явно недостаточных объемах. Не хватает средств для качественного ремонта и эксплуатации оросительной и дренажной сети. Мелиоративное состояние орошаемых земель на многих системах является неблагоприятным.

Между тем анализ мирового и отечественного опыта, результаты НИР показывают, что без скорейшего восстановления оросительных мелиораций и их опережающего развития невозможно устойчивое функционирование всего АПК страны. Особенно важна роль оросительных мелиораций в создании надежной кормовой базы для животноводства, развитие которого рассматривается в настоящее время на государственном уровне как одна из наиболее актуальных задач.

Для обеспечения устойчивого развития оросительных мелиораций представляется необходимым:

1. Разработка долгосрочной научно обоснованной стратегии развития оросительных мелиораций на основе вышеуказанных документов ООН, которая должна стать частью стратегии развития всей системы АПК и «Государственной стратегии устойчивого развития России», быть тесно увязанной со стратегией развития водохозяйственного комплекса страны. В основу такой стратегии должна быть положена эколого-экономическая оценка существующего состояния и перспектив развития оросительных мелиораций для производства конкретных видов сельскохозяйственной продукции. Соответствующая переработка необходима для существующей «Концепция развития комплексных мелиораций в России», где вопросы производства конкретных видов продукции не рассматриваются. Скорейшая разработка методики создания указанной стратегии является важной задачей мелиоративной науки.

2. Использование бассейнового подхода при разработке указанной стратегии и решении проблем размещения оросительных мелиораций является крайне важным. Именно наличие и состояние водных ресурсов играют определяющую роль в оценке перспектив развития оросительных мелиораций в различных регионах. В материалах ООН рекомендуется комплексное рассмотрение проблем использования водных и земельных ресурсов в пределах бассейнов стока. Все это необходимо учесть при составлении бассейновых схем комплексного использования и охраны водных ресурсов, которые разрабатываются сейчас в Минприроды РФ /10/.

3. В основу региональных и общегосударственной стратегий должно быть положено мелиоративно-сельскохозяйственное районирование зоны орошения в масштабе 1:200000 для отдельных субъектов РФ, в масштабе 1:500000 и 1:1000000 для бассейнов рек, включающих несколько регионов, и в масштабе 1:2500000 для всей страны. Это определяется тем, что особенности проведения, экономическая эффективность и экологическая безопасность оросительных мелиораций определяются мелиоративно-природными условиями зоны существующего и перспективного орошения, которые отличаются большим разнообразием и существенной сложностью.

4. Нормативно-методическая база проведения мелиораций требует приведения в соответствии с новыми действующими законодательными и нормативными документами государственного уровня, а затем и в соответствие с требованиями «Закона о техническом регулировании», применение которого встречает пока существенные трудности.

5. Первоочередной задачей как при разработке указанных государственной и региональных стратегий, так и планов и программ более краткосрочных действий должно стать сохранение и восстановление существующих оросительных систем. Для качественного решения этой задачи необходима скорейшая инвентаризация и паспортизация мелиорированных земель в составе специального раздела Государственного земельного кадастра (ГЗК). Они должны выполняться по методикам, уточненным с учетом требований эколого-экономических подходов. Все необходимые данные должны включаться в паспорт мелиоративной системы.

6. Соответствующее внимание должно быть уделено решению задач совершенствования методов проектирования, строительства и эксплуатации мелиоративных систем в новых социально-экономических условиях, механизации мелиоративных работ, разработки краткосрочных и среднесрочных программ развития мелиораций для конкретных территорий, формирования комплексных программ научного обеспечения мелиоративной деятельности.

7. Особое внимание должно быть уделено повышению качества природного обоснования, которое проводится на всех стадиях мелиоративных работ в процессе комплексных мелиоративно-природных изысканий и включает изучение существующих природных условий, прогноз их возможных изменений и оценку влияния существующих и прогнозных условий на особенности, экономическую эффективность и экологическую безопасность мелиоративной деятельности.

В качестве общих требований при проведении всех видов мелиоративно-природных изысканий в новых социально-экономических условиях представляется необходимым рассматривать: 1) разработку методики оптимизации состава и объемов изысканий, рассматриваемых как составная часть мелиоративной деятельности, эффективность которой определяется на основе новых эколого-экономических подходов; 2) необходимость количественной оценки возможных ошибок при определении расчетных природных показателей для оценки неопределенностей и рисков соответствующих технико-экономических решений; 3) скорейшее внедрение современных методов получения и обработки информации, компьютерных технологий; 4) обеспечение комплексности изучения природных условий территорий на всех стадиях мелиоративных работ; 5) совершенствование отдельных видов изысканий с учетом вышеуказанных требований, особенностей решаемых ими задач и существующего состояния.

#### **Литература**

1. Доклад Конференции Организации Объединенных наций по окружающей среде и развитию. Рио-де-Жанейро, 3-14 июня 1992 года. Том 1. Резолюции, принятые на Конференции. - Нью-Йорк: издание ООН, 1993. 540 с.
2. Программа действий по дальнейшему осуществлению Повестки дня на XXI век. Приложение к резолюции, принятой Генеральной Ассамблеей на ее девятнадцатой специальной сессии (23-28 июня 1997 г.). - Нью-Йорк: издание ООН, 1997. 55 с.
3. План выполнения решений Всемирной встречи на высшем уровне по устойчивому развитию. Принята на 17-пленарном заседании Генеральной Ассамблеи ООН 4 сентября 2002 г. Йоханнесбург, 2002. 91 с.
4. Шумаков Б.Б., Лялин Ю.С. Активно участвовать в решении проблем устойчивого развития. // Вопросы мелиорации, 1996, № 5-6. С.63-71.
5. Шумаков Б.Б., Решеткина Н.М., Парфенова Н.И., Манукьян Д.А., Лялин Ю.С., Исаева С.Д. Основные задачи природного обоснования устойчивого развития оросительных мелиораций // Сб. Проблемы гидрогеологии, инженер. геологии и почвоведения. М.: ВНИИГиМ, 1996. С.21-30.
6. Лялин Ю.С. Совершенствование мелиоративно-гидрогеологических исследований при проведении оросительных мелиораций. Автореф. дис. канд. техн. наук. М.: ВНИИГиМ, 1998.
7. Краснощеков В.Н. Теория и практика эколого-экономического обоснования комплексных мелиораций в системе адаптивно-ландшафтного земледелия. М., 2001, с.293.

8. Лялин Ю.С. К вопросу нормативно-методического обеспечения устойчивого развития сельскохозяйственных мелиораций в России // Вопросы мелиорации, 2003, № 3-4

9. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). М.: "Экономика", 2000. 421 с.

10. Лялин Ю.С. К вопросу разработки стратегии развития водохозяйственного комплекса России. // 7-ой международный Конгресс "Вода: экология и технология" М., 2006.

УДК 631.559.633.152

## **КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ САХАРНОЙ КУКУРУЗЫ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

**А.В. Майер, В.В. Брижак, Е.В. Долгополова**

Волгоградский КО ГНУ ВНИИГиМ, Волгоград, Россия

Сахарная кукуруза является ценным сырьем для консервной, кондитерской и пивоваренной продукции. Продукты ее переработки – консервированное зерно, мука, крупа пользуются большим спросом. В зерне сахарной кукурузы содержатся углеводы, белки, жиры, витамины и минеральные вещества. В отдельных сортах и гибридах имеется в свободном виде достаточное количество аланина, глютаминовой кислоты, треонина, аспарагиновой кислоты, серина, глицина. Среди других овощей, используемых для консервирования, нет равных сахарной кукурузе по содержанию витаминов В<sub>6</sub>, С, РР, каротина, каротиноидов, фолиевой кислоты и некоторых других органических соединений, действующих в организме подобно витаминам и относящихся к так называемой группе защитных веществ.

Сахарная кукуруза довольно широко распространена как за рубежом, так и в нашей стране. Разработка и внедрение интенсивной ресурсосберегающей технологии возделывания сахарной кукурузы позволяет создать значительный резерв для увеличения производства зерна этой культуры на орошаемых землях Нижнего Поволжья.

В хозяйствах Нижнего Поволжья большое значение придается выбору экологически безопасных технологий и технических средств полива, к которым относится капельное орошение. Этот способ позволяет поддерживать в почве благоприятный водно-воздушный режим без поверхностного и глубинного сбросов оросительной воды. Необходимое увлажнение почвы в сочетании с внесением минеральных удобрений в течение вегетационного периода обеспечивает получение высоких урожаев большинства пропашных культур.

Условием эффективного применения капельного орошения при возделывании сахарной кукурузы является комплексный учет закономерностей изменения потребления воды посевами сахарной кукурузы по межфазным периодам и

в целом за вегетацию, при разных уровнях формируемой урожайности початков, при разных температурных, водных режимах и дозах минеральных удобрений, изучение которых входило в задачи наших исследований.

Экспериментальная часть исследований проводилась в фермерском хозяйстве «Садко» Дубовского района Волгоградской области. Система капельного орошения на участке разработана и смонтирована на площади 2 га ОАО «Ортех». В комплект входят электрическая станция, водяной насос, узел водоочистки, состоящий из гидроциклона, песчаного и сетчатого фильтров, магистрального и распределительных трубопроводов ПНД - 63 С (200 м), ПНД - 50 С (290 м), узла внесения минеральных удобрений (гидроподкормщик ГПД - 50), поливные трубопроводы с капельницами «Т - Таре» - 1440 м; запорная и регулирующая арматура, два счетчика воды ОСВ - 40; соединительные трубопроводы ПВД- 16 - 200 м; пластмассовые фитинги. Водозабор осуществляется из находящегося при фермерском хозяйстве пруда накопителя.

Полевой опыт заложен по плану полного факторного эксперимента. К изучению поставлены вопросы формирования водного (фактор А) и пищевого (фактор В) режимов почвы и их комплексное влияние на рост, развитие и продуктивность растений сахарной кукурузы на капельном орошении.

Схемой опыта по водному режиму предусмотрены следующие варианты (Фактор А):

А<sub>1</sub> - поддержание предполивного порога влажности 70-70% НВ в слое почвы 0-0,60 м;

А<sub>2</sub> - поддержание предполивного порога влажности 80-80% НВ в слое почвы 0-0,60 м;

А<sub>3</sub> - поддержание дифференцированного порога влажности почвы не ниже 70-80% НВ по схеме: 70% НВ от начала вегетации до начала выметывания и от молочной до восковой спелости, 80% НВ от начала вегетации до молочной спелости зерна в початке.

По фону минерального питания (фактор В):

В<sub>1</sub> - доза внесения N<sub>115</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub> на урожайность 15 т/га початков сахарной кукурузы;

В<sub>2</sub> - доза внесения N<sub>155</sub>P<sub>80</sub>K<sub>40</sub> на урожайность 25 т/га початков сахарной кукурузы;

В<sub>3</sub> - доза внесения N<sub>180</sub>P<sub>100</sub>K<sub>50</sub> на урожайность 35 т/га початков сахарной кукурузы.

Капельное орошение проводили с учетом водно-физических свойств почвы (табл. 1).

Таблица 1 - Водно-физические свойства почвы опытного участка, 2005 г.

Глубина пахотного слоя, м	Плотность скелета, г/см <sup>3</sup>	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Максимальная гигроскопичность, %	Влажность завядания, %	Наименьшая влагоемкость, %
0..0,3	2,48	1,31	8,83	12,04	23,07
0...0,6	2,52	1,33	7,08	12,12	21,70
0...1,0	2,55	1,33	7,77	11,66	19,90

Исследования проводили на посевах сахарной кукурузы гибрида Трофи F<sub>1</sub>, раннего срока созревания, 75 дней после посева. Норму высева семян устанавливали с учетом обеспечения густоты стояния растений перед уборкой - 80 тыс. шт.

В зависимости от погодных условий периода вегетации в 2005 году для поддержания влажности почвы в слое 0,6 м потребовалось произвести от 6 до 15 поливов оросительной нормой 1070...1560 м<sup>3</sup>/га в зависимости от варианта водного режима почвы. Поливная норма по вариантам опыта изменялась от 9 до 160 м<sup>3</sup>/га. Время продолжительности полива на варианте водного режима почвы 70-70% НВ – 5,6 часа, на варианте 70-80% НВ – 5,6 часа, при водном режиме почвы 80-80% НВ время полива составило 3,15 часа. В фазу цветения было произведено три полива нормой 160 м<sup>3</sup>/га продолжительностью 5,6 часа. Общее время поливов в зависимости от погодных условий и вариантов опыта - 37,45...54,6 часа. Поливы осуществлялись с 22 мая по 3 августа с интервалами в среднем от 4 до 7 дней. В результате оросительный период на посевах сахарной кукурузы в варианте режима орошения 80-80% НВ был на 1-5 дней больше в сравнении с вариантом режима орошения при 70-70 ... 70-80% НВ (табл. 2).

На всех вариантах режима орошения основной приходной статьей водного баланса орошаемого участка сахарной кукурузы была оросительная вода, доля которой достигала при – 80-80% НВ – 49,2%; 70-80% НВ – 44,1 % 70-70% НВ 51,8% от суммарного водопотребления.

Суммарное водопотребление кукурузы при капельном орошении в пределах года изменялось в зависимости от поддерживаемого предполивного порога влажности почвы и складывающихся погодных условий. Наибольшее количество воды на формирование урожая початков сахарная кукуруза расходовала в варианте с наиболее благоприятным водным режимом, где предполивная влажность почвы не опускалась ниже 80% НВ. Суммарное водопотребление соста-

Таблица 2 - Поливной режим кукурузы по вариантам водного режима почвы

Вариант водного режима почвы								
70-70%НВ			70-80%НВ			80-80%НВ		
Полив нормой, м <sup>3</sup> /га	Дата полива	Время полива, ч	Полив нормой, м <sup>3</sup> /га	Дата полива	Время полива	Полив нормой, м <sup>3</sup> /га	Дата полива	Время полива
160	26.05	5,6	160	26.05	5,6	90	22.05	3,15
160	04.06	5,6	160	04.06	5,6	90	29.05	3,15
160	13.06	5,6	160	13.06	5,6	90	03.06	3,15
160	09.07	5,6	160	09.07	5,6	90	07.06	3,15
160	16.07	5,6	160	16.07	5,6	90	11.06	3,15
270	01.08	9,45	160	22.07	5,6	90	14.06	3,15
			160	29.07	5,6	90	27.06	3,15
			160	04.08	5,6	90	02.07	3,15
						90	07.07	3,15
						90	11.07	3,15
						90	15.07	3,15
						90	18.07	3,15
						160	23.07	5,6
						160	29.07	5,6
						160	03.08	5,6
Итого								
Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Число поливов	Общее время поливов, ч	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Число поливов	Общее время поливов, ч	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Число поливов	Общее время поливов, ч
1070	6	37,45	1280	8	44,8	1560	15	54,6

вило 3300 м<sup>3</sup>/га. Снижение предполивной влажности почвы до 70-70% НВ сопровождалось уменьшением суммарного водопотребления до 2710 м<sup>3</sup>/га. При поддержании дифференцированного предполивного порога влажности почвы в сочетании с внесением удобрений дозой N<sub>180</sub>P<sub>100</sub>K<sub>50</sub> расход влаги растениями составил 3080 м<sup>3</sup>/га.

Улучшение условий водного и минерального питания растений в определенных сочетаниях способствует статистическому достоверному повышению показателей фотосинтеза сахарной кукурузы, активизирует все процессы роста и развития.

Наибольшие значения фотосинтетического потенциала (1997...2203 тыс. м<sup>2</sup> сут./га) сахарной кукурузы были отмечены в варианте, где поливы проводились при снижении влажности почвы до 80% НВ в течение всего периода вегетации (табл. 3).

Таблица 3 - Показатели продуктивности сахарной кукурузы при капельном орошении

Уровень минерального питания, кг д.в./га	Уровень предполивной влажности почвы, % НВ	Фотосинтетический потенциал, тыс.м <sup>2</sup> сут	Продуктивность фотосинтеза, г/м <sup>2</sup> сут	Сухая биомасса, т/га сут	Прирост сухой биомассы, т/га сут.(ср.).	Урожайность, т/га	Биоклиматический коэффициент
N <sub>115</sub> P <sub>60</sub> K <sub>3</sub> 0	70-70	1361	6,7	9,13	125	14,5	0,139
	70-80	1482	6,9	10,29	137	17,9	0,150
	80-80	1543	7,2	11,11	146	18,9	0,160
N <sub>155</sub> P <sub>80</sub> K <sub>4</sub> 0	70-70	1617	7,1	11,41	152	17,2	0,140
	70-80	1883	7,5	14,17	182	24,9	0,147
	80-80	1997	7,6	15,22	193	26,9	0,159
N <sub>180</sub> P <sub>100</sub> K <sub>50</sub>	70-70	1746	7,1	12,39	163	17,9	0,141
	70-80	2023	7,7	15,59	197	26,7	0,154
	80-80	2203	8,0	17,70	224	31,7	0,161
Без удобрений	70-70	1082	6,3	6,81	96	8,9	0,136
	70-80	1209	6,5	7,83	106	11,1	0,142
	80-80	1227	6,6	8,13	110	12,7	0,155

За годы исследований с одного гектара в варианте назначения поливов при влажности предполивного порога 80-80% НВ максимально, при внесении N<sub>180</sub>P<sub>100</sub>K<sub>50</sub>, было получено 31,7 т початков сахарной кукурузы. Без внесения



минеральных удобрений урожайность початков сахарной кукурузы при поддержании влажности почвы 80-80% НВ была получена на уровне 12,7 т/га.

Расчеты показывают, что при обеспечении определенного уровня минерального питания инвестиции в установку системы капельного орошения являются выгодными по всем показателям, характеризующим эффективность инвестиционных проектов. Однако значения показателей варьируют в зависимости от сочетания факторов водного режима почвы и уровня минерального питания. Наибольший индекс доходности инвестиций 2,39 при планировании урожайности – 35 т/га початков сахарной кукурузы обеспечивается при внесении дозы минеральных удобрений  $N_{180}P_{100}K_{50}$ , поддерживая уровень предполивной влажности почвы 80-80% НВ.

Анализ результатов проведенных полевых опытов 2005 года позволяет сделать вывод, что данное направление исследований по возделыванию сахарной кукурузы на капельном орошении перспективно и экономически обосновано.

УДК 626.87:631.6

## **ОБЛЕГЧЕННЫЕ КОЛОДЦЫ-ПОГЛОТИТЕЛИ ДЛЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

**В.М. Макоед, Г.В. Хмелевская**

Институт мелиорации, Минск, Республика Беларусь

Мелиорированные минеральные земли характеризуются сложным рельефом с наличием замкнутых понижений, в которых часто застаиваются поверхностные воды, что препятствует эффективному использованию сельскохозяйственной техники и отрицательно сказывается на росте и развитии растений.

На слабопроницаемых почвах в понижениях один дренаж даже с расстояниями между дренами 2 м не обеспечивает необходимый водный режим. В таких условиях вода застаивается на поверхности почвы, поэтому необходимо предусматривать мероприятия по организации поверхностного стока.

Одним из элементов мероприятий по организации поверхностного стока являются колодцы-поглотители. В настоящее время в понижениях устраивают громоздкие и дорогостоящие колодцы-поглотители из железобетона [1,2].

Полевые исследования при строительстве и эксплуатации типовых конструкций колодцев-поглотителей выявили следующие основные недостатки:

- строительство требует применения специальной техники (экскаватор, подъемный кран, насосная станция и др.) и больших трудовых затрат;
- заделанные цементным раствором стыки разрушаются;

- пропускная способность колодцев-поглотителей 100 л/с, указанная в Типовых проектных решениях, необоснованно завышена;

Анализ выявленных недостатков при строительстве и эксплуатации колодцев-поглотителей позволил разработать облегченные конструкции колодцев-поглотителей для применения их при восстановлении и реконструкции мелиоративных систем.

Разработано и испытано в лабораторных и полевых условиях шесть типов облегченных колодцев-поглотителей с применением полиэтиленовых материалов: КПП-1, КПП-2, КПП-3, КПП-4, КПП-5, КПП-6 (с модификациями). Выбор модификации колодца-поглотителя осуществляется в зависимости от диаметра и материала водоотводного коллектора (керамические или гофрированные дренажные трубы).

Колодец-поглотитель состоит из водоприемной перфорированной полиэтиленовой трубы диаметром 225 мм с объемным фильтром. Водоприемная перфорированная полиэтиленовая труба соединена через фильтрующую муфту с угольником, к которому приварен патрубок. Сверху угольник закрыт решеткой. Патрубок через муфту подключен к соединительной вставке (тройнику), которая также через соединительную муфту подключена к тройнику на водоотводном коллекторе. Сверху колодец-поглотитель защищен от случайных наездов сельскохозяйственной техники железобетонным кольцом, которое является также элементом отстойника.

Колодцы-поглотители могут устраиваться в дренажной траншее в процессе укладки дренажа. В конструкциях имеется соединительный элемент, обеспечивающий защиту водоотводного коллектора от повреждения при аварийных ситуациях.

В конструкциях КПП-1, КПП-2, КПП-4 и КПП-5 основные расходы воды поступают через водоприемную перфорированную трубу, а в КПП-3 и КПП-6 - через верх железобетонного кольца и затем водоприемную перфорированную трубу. Перфорация на поверхности водоприемной трубы выполняет также роль сороудерживающей решетки для растительных остатков. При малых расходах вода в колодец-поглотитель поступает через фильтрующую муфту-гаситель.

Колодцы-поглотители типа КПП-1, КПП-2, КПП-3 устраиваются в стороне от водоотводного коллектора (когда самое низкое место понижения не совпадает с трассой водоотводного коллектора) и подключаются к нему с помощью соединительной вставки из керамических или гофрированных дренажных труб. Колодцы-поглотители КПП-4, КПП-5, КПП-6 устраиваются непосредственно на водоотводном дренажном коллекторе (при совпадении трассы водоотводного коллектора с самым низким местом понижения).

Конструктивно колодцы-поглотители КПП-1 и КПП-4 имеют один верхний внешний отстойник и предназначены для отвода поверхностных вод из замкну-

тых понижений с плоским или малоуклонным днищем, а также из ложбин с малыми уклонами в водоотводной дренажный коллектор.

Колодцы-поглотители КПП-2 и КПП-5 имеют два верхних внешних отстойника и предназначены для отвода поверхностных вод из замкнутых понижений и ложбин стока на суффозионных грунтах в водоотводной дренажный коллектор.

Колодцы-поглотители КПП-3 и КПП-6 имеют два верхних отстойника (внешний и внутренний) и предназначены для отвода поверхностных вод из замкнутых понижений и ложбин на суффозионных грунтах с плоским или малоуклонным днищем в водоотводной дренажный коллектор.

Колодец-поглотитель работает следующим образом: во время снеготаяния или обильных дождей вода по поверхности почвы поступает к колодцу-поглотителю, скапливается в отстойнике и через перфорацию и пористую муфту-гаситель водоприемной перфорированной трубы попадает внутрь и далее в водоотводной дренажный коллектор. Муфта-гаситель периодически промывается или заменяется. Кроме того, в конусный объемный фильтр из ПГС, устроенный вокруг колодца-поглотителя ниже поверхности почвы, поступают также почвенно-грунтовые воды.

Проведенные гидравлические исследования на моделях в натуральную величину позволили определить диаметр водоприемной перфорированной трубы, оптимальные диаметр перфорации и их размещение на поверхности трубы. Для всех типов конструкций при слое воды на поверхности почвы глубиной 0,35 м пропускная способность колодцев-поглотителей составила не менее 50 л/с. Гидравлические исследования КПр-2 с расходом 100 л/с ( типовые проектные решения) показали необоснованность указанной пропускной способности при диаметре водоотводного коллектора 200 мм, который является практически максимальным на мелиоративных объектах. Характеристики пропускной способности колодцев-поглотителей КПП-1...КПП-6 и КПр-2 представлены на рисунке 1. Пропускная способность при напорах до 0,9 м типового колодца-поглотителя КПр-2 примерно такая же, как и у новых облегченных конструкций КПП-1...КПП-6.

Полевые наблюдения (с 1982 г.) за экспериментальными колодцами-поглотителями в Белорусском Поозерье (Витебский, Глубокский, Лепельский, Сенненский, Шарковщинский, Шумилинский районы Витебской области) и Белорусском Полесье (Мозырский район Гомельской области) показали, что они работают удовлетворительно. Вымочек и переувлажненных участков в замкнутых понижениях с устроенными конструкциями нет. Разрушений и деформаций колодцев-поглотителей и их элементов от морозного пучения не обнаружено.

Предлагаемые конструкции колодцев-поглотителей в полтора-два раза дешевле применяющихся в настоящее время железобетонных, а производительность труда при их устройстве возрастает в два-пять раз.

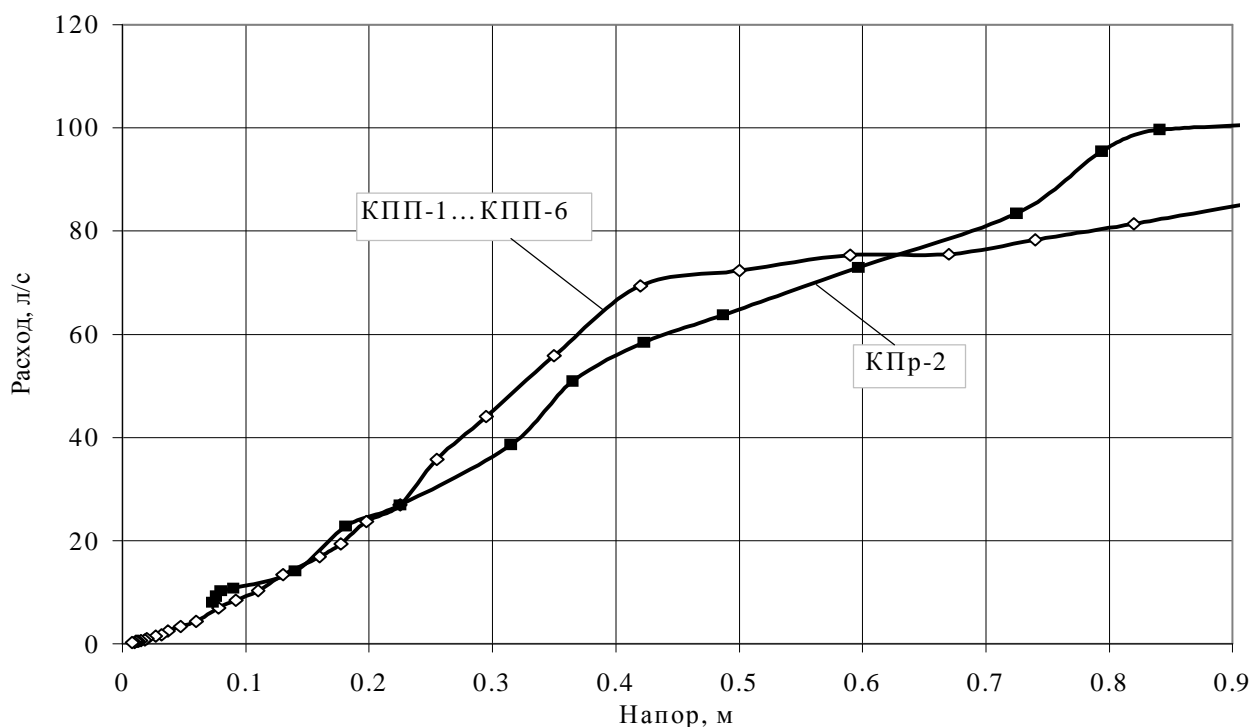


Рисунок 1 - Пропускная способность колодцев-поглотителей при диаметре водоотводного коллектора 200 мм

На основании результатов лабораторных и полевых исследований разработаны типовые проектные решения «Облегченные колодцы-поглотители на осушительных системах» (проект).

#### Литература

1. Сооружения для отвода поверхностных вод на осушительных системах. Типовые проектные решения 820-1-081.88. Утверждены и введены в действие Приказом Минводхоза СССР № 738 от 25 ноября 1987 г.
2. Сооружения для отвода поверхностных вод на осушительных системах. Рабочий проект. Утвержден и введен в действие Приказом Минсельхозпрода РБ № 6 от 10 ноября 1993 г.

УДК 631.619:631.455.52:631.452

## НОРМИРОВАНИЕ ОРОШЕНИЯ ПЫРЕЯ УДЛИНЕННОГО СОРТА «СОЛОНЧАКОВЫЙ» В УСЛОВИЯХ ПОЛУПУСТЫННОГО КЛИМАТА КАЛМЫКИИ

**В.П. Максименко**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия;

**С.Б. Адьяев, М.П. Чапанова**

КФ ГНУ ВНИИГиМ, Элиста, Республика Калмыкия, Россия

В Республике Калмыкия на современном этапе развития орошаемого земледелия всё чаще проявляются последствия низкого уровня эксплуатации оро-

сительных систем, спроектированных без прогнозного учёта изменяющихся гидрогеологических и гидротермических условий под влиянием орошения. Как результат, в условиях аридного климата и близкого расположения уровня минерализованных грунтовых вод (1,0...1,5 м) развиваются процессы вторичного засоления почв. С такими почвенно-гидрогеологическими условиями в пустынной и полупустынной зоне Калмыкии насчитывается 4 тыс. га орошаемых земель, которые нуждаются в мелиорации.

В то же время потребность в устойчивом кормопроизводстве в республике с каждым годом повышается, что ещё больше придаёт актуальность вопросу мелиорации и рекультивации староорошаемой пашни, выведенной из сельскохозяйственного оборота. Мероприятия, позволяющие решить проблему восстановления вторично засоленных почв орошаемых агроландшафтов и повышения их кормовой продуктивности, должны носить, по нашему мнению, фитомелиоративный характер. Так как при воздействии адаптированного фитоценоза на почвенную составляющую агроландшафта, процессы саморегуляции которого проходят более естественно и эффективно для деградированной агроэкосистемы.

Существует набор видов и сортов растений, генетические ресурсы которых настолько развиты, что позволяют им адаптироваться и интенсивно производить даже в экстремальных природно-климатических условиях. Причём максимальная реализация потенциала их продуктивности возможна при соответствии эколого-биологических особенностей растений агроклиматическим ресурсам региона возделывания. Выполнение этого условия позволит создавать экологически безопасные, ресурсосберегающие фитомелиоративные технологии, адаптированные к конкретному мелиорируемому участку.

При выборе культуры необходимо исходить из предпосылок, что она должна быть способной производить в условиях сильного и среднего засоления почвы, давать стабильные урожаи, обладать кормовыми характеристиками высокого качества и одновременно оказывать мелиорирующее воздействие на деградированную почву. Этим требованиям в значительной степени удовлетворяют характеристики пырея удлиненного сорта «Солончаковый» - растения многолетнего периода использования, выдерживающего сульфатное и хлоридное засоление до 2 %, подтопление минерализованными водами до 0,8...0,9 м и затопление до 3 месяцев. Произрастая в таких условиях, культура формирует высокие урожаи надземной массы, хорошо поедаемой всеми видами скота. Развитая корневая система обеспечивает повышение проницаемости атмосферных осадков и оросительной воды, обеспечивая рассоляющий эффект и обогащение почвы органикой.

Начиная с 2001 года в Калмыцком филиале ВНИИГиМ проводятся исследования по возделыванию пырея удлиненного сорта «Солончаковый» на зо-

нальных бурых полупустынных засоленных почвах в зоне Черноземельской ООС.

Было заложено два полевых опыта по установлению влияния сроков посева и уровня засоленности почвы при регулировании водного и минерального питания на продукционные процессы культуры.

Изучение влияния минеральных удобрений на продуктивность культуры осуществлялось по следующей схеме: **первый вариант** – без удобрений (контроль); **второй вариант** – с внесением удобрений (нитроаммофоска и аммиачная селитра) в 1-й год жизни -  $N_{36} P_{17}$ ; во 2-й год -  $N_{115} P_{60}$ ; в 3-й год жизни -  $N_{145} P_{70}$ ; **третий вариант** - 1-й год жизни -  $N_{60} P_{30}$ ; 2-й год -  $N_{170} P_{85}$ ; 3-й год -  $N_{200} P_{100}$ . Удобрения вносили дробно, равными частями под каждый укос. Воздействие степени засоления почвы на продуктивность и качество надземной массы пырея солончакового изучалось по схеме: **первый вариант** – степень засоления метрового слоя почвы 0,6...0,8 % - контроль; **второй** – 0,8...1,0 %; **третий** – 1,0...1,2 %; **четвёртый вариант** – 1,2...1,4 % от массы абсолютно сухой почвы. Содержание легкорастворимых солей в пахотном слое (0...0,2 м) варьировало по делянкам от 0,4 до 1,4 %, в корнеобитаемом (0-0,5 м) от 0,8 до 1,0 %, в метровом слое - от 0,6 до 1,4 %.

В соответствии с рекомендациями, разработанными ВНИИГиМ и ВНИИОЗ, режим орошения культуры ориентировался на поддержание предположительной влажности в метровом слое почвы на уровне 65...75% от наименьшей влагоёмкости (НВ). Сроки начала поливов устанавливались по запасам влаги в почве. Эвапотранспирацию культурой за расчётный период устанавливали по уравнению водного баланса [О.Г. Грамматикати, 1980]:

$$E T_i = O_i + \Sigma m_i + (W_n - W_k) \pm q_i, \quad (1)$$

где  $E T_i$  – эвапотранспирация с орошаемого поля за расчётный период,  $m^3/га$ ;

$O_i$  – сумма осадков за расчётный период,  $m^3/га$ ;

$W_n$  и  $W_k$  – запасы влаги в почве на начало и конец расчётного периода,  $m^3/га$ ;

$\pm q_i$  – влагоперенос на нижней границе расчётного слоя,  $m^3/га$ ;

$\Sigma m_i$  – количество поданной воды с поливами,  $m^3/га$ .

Использование грунтовых вод растением ( $+q_i$ ) определялось по методике Н.В. Данильченко с соавторами [2000], учитывающей мощность корнеобитаемого слоя, почвенные условия и глубину залегания уровня грунтовых вод:

$$+ q_i = E_0 K_r \quad (2)$$

где  $+q_i$  – количество используемых грунтовых вод,  $m^3/га$ ;

$E_0$  – испаряемость за расчётный период,  $m^3/га$ ;

$K_r$  – коэффициент использования грунтовых вод.

В нашем опыте грунтовые воды высокоминерализованные (6...13 г/л). В связи с этим растения усваивают гораздо меньше грунтовой влаги, нежели в случае с пресной водой. Коэффициент использования грунтовых вод ( $K_r$ ) с по-

правкой на их минерализацию представлен в виде графической зависимости на рисунке 1.

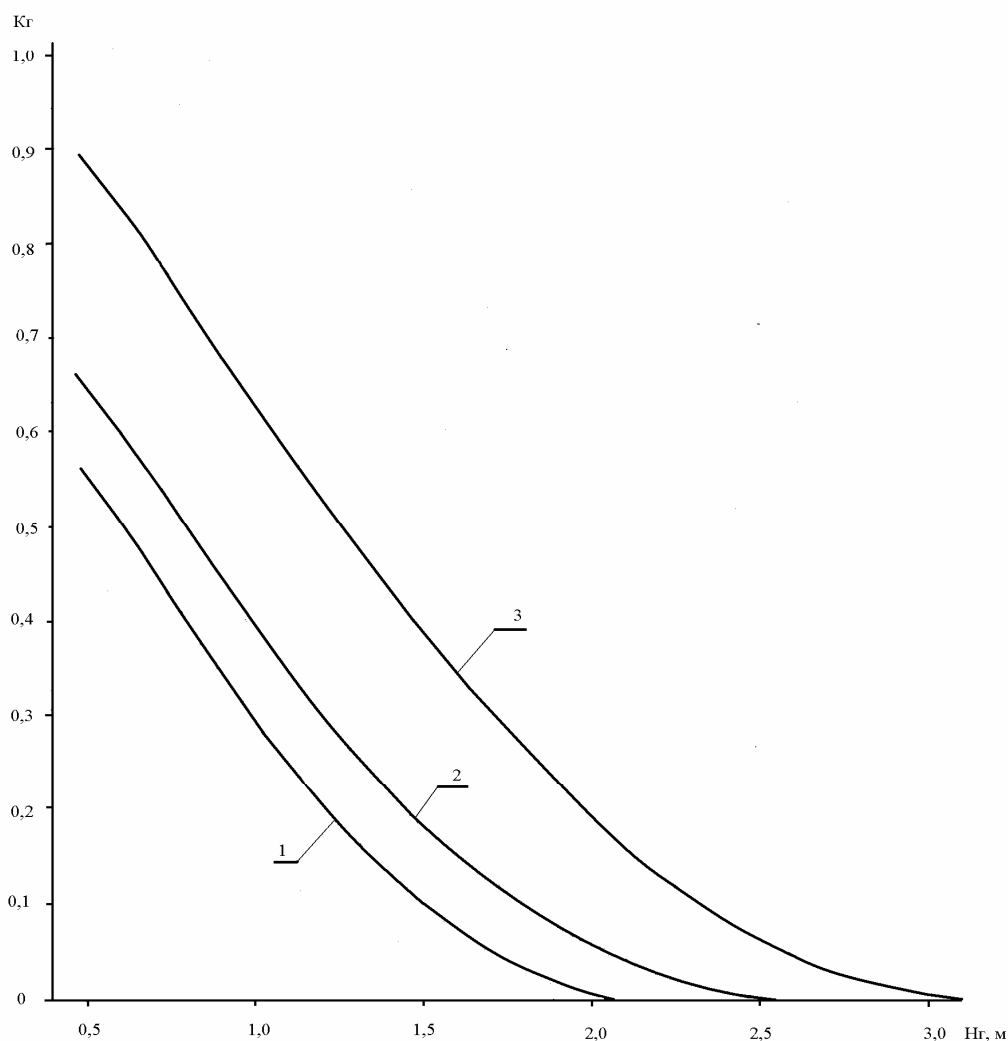


Рисунок 1 – Изменение коэффициента ( $K_g$ ), учитывающего использование минерализованных грунтовых вод сельскохозяйственными культурами, произрастающими на почвах с легким гранулометрическим составом: 1 – при формировании основной массы корневой системы растений до 0,6 м; 2 – до 1,0 м и 3 – более 1 метра

Оценку напряженности метеорологических условий в годы проведения полевых исследований (2002-2004 гг.) осуществили по вероятностному распределению дефицитов испаряемости, определяемому по уточненной методике Н.Н. Иванова [1955] для аридных территорий за 1948-2004 годы по данным ближайшей метеостанции Яшкуль. Графическая интерпретация характеристики этого показателя представлена на рисунке 2.

При обеспеченности на 5 % уровне дефицит испаряемости за гидрологический год составляет  $11670 м^3/га$ , а на 95 % уровне –  $4440 м^3/га$ . Таким образом, потребности в оросительной воде в определяющей степени зависят от напряженности гидротермического режима и могут изменяться в широких пределах, в частности, для указанных выше уровней обеспеченности дефицита водопо-

требления (при принятом допущении, что оно пропорционально дефициту испаряемости) – в 2,5...2,7 раза, а в абсолютных значениях – до 7000...7500 м<sup>3</sup>/га оросительной воды.

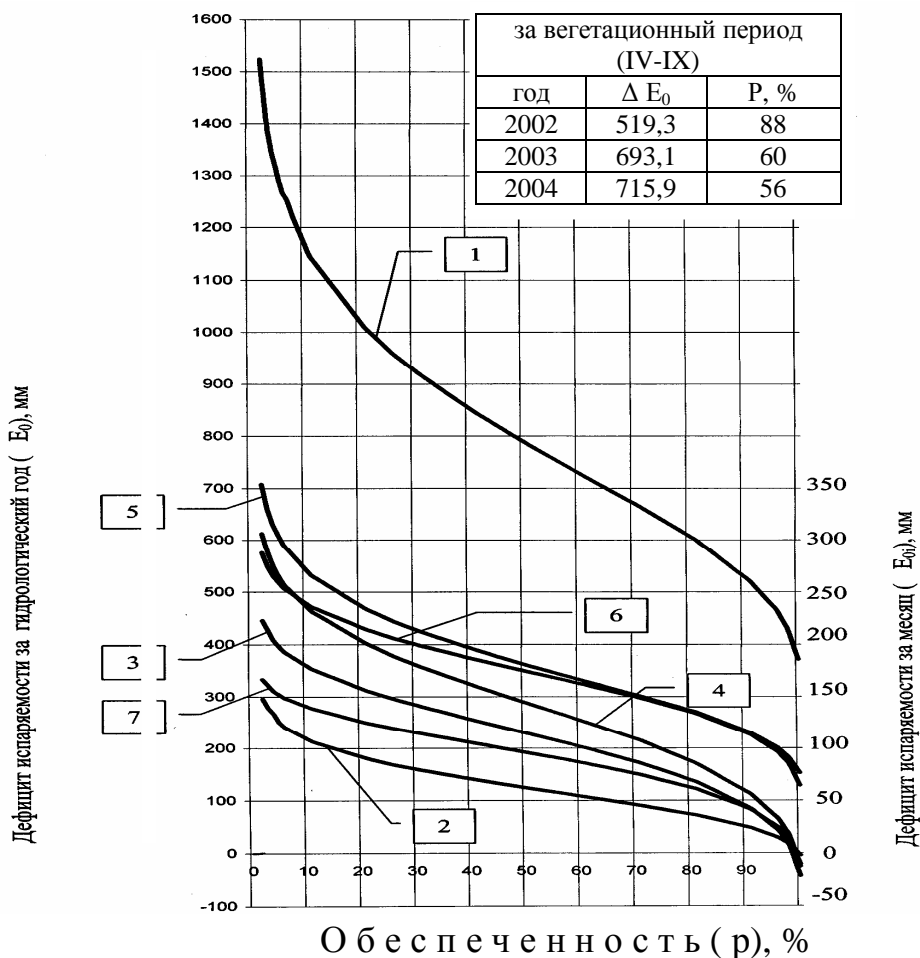


Рисунок 2 - Вероятностные кривые распределения дефицитов испаряемости ( $\Delta E_0$  и  $\Delta E_i$ ), рассчитанные по данным метеостанции Яшкуль (1948-2004 гг.): 1 – за гидрологический год; 2-7 соответственно за апрель, май, июнь, июль, август и сентябрь

По напряженности гидротермического режима конкретные годы проведения исследований характеризовались относительно благоприятными условиями для произрастания культуры с сохранением тенденции увеличения дефицита испаряемости от первого года возделывания культуры (2002 г.) к последующим - 2003-2004 гг. (табл. 1).

Однако фактические затраты оросительной воды и эвапотранспирация с орошаемого поля (табл. 2) существенно отличаются от дефицитов испаряемости. Поэтому при проектировании режимов орошения сельскохозяйственных культур в расчетах предусматривается коэффициент пропорциональности между испаряемостью и эвапотранспирацией.



Таблица 1 - Сумма дефицитов испаряемости в годы проведения исследований по данным м/с Яшкуль

Год	Вегетационный период (IY-IX)		Гидрологический год	
	Сумма дефицитов, мм	Обеспеченность, %	Сумма дефицитов, мм	Обеспеченность, %
2001	595,8	78	-	
2002	519,3	88	604,0	80
2003	693,1	60	734,1	59
2004	715,9	56	864,4	38

Фактический режим орошения пырея удлиненного сорта «Солончаковый» представлен в таблице 2.

Таблица 2 - Режим орошения пырея удлиненного сорта «Солончаковый»

№ п/п	Показатели	Годы		
		2002	2003	2004
1.	Продолжительность вегетационного периода, сут.	182	179	182
2.	Продолжительность поливного периода, сут.	110	163	152
3.	Количество поливов	6	8	9
4.	Межполивные периоды, сут.	12...32	10...20	7...27
5.	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	300...400	300...400	400...500
6.	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	2000	3000	4200

Коэффициент пропорциональности или биоклиматический коэффициент отражает роль культуры, фазу развития и её биологическую массу, а также свойства почвы и напряженность метеорологических условий, в формировании потока влаги в атмосферу.

Режим орошения пырея солончакового зависел от напряжённости метеорологических условий. Наибольшую потребность во влаге пырей солончаковый испытывал в 2-3-й годы жизни. Для поддержания предполивной влажности почвы на уровне 65...75 % НВ в первый год жизни пырея солончакового понадобилось провести 6 вегетационных поливов оросительной нормой 2000 м<sup>3</sup>/га; во второй год жизни – 7...8 поливов с нормой 2800...3000 м<sup>3</sup>/га в зависимости от сроков посева культуры; в третий год – 8...9 поливов оросительной нормой 3000...4200 м<sup>3</sup>/га. Суммарное водопотребление культуры на 41...56 % осуществлялось за счёт оросительной воды (табл. 3). Пополнение запасов влаги за счет атмосферных осадков было непостоянным по годам исследований. В сред-

нем за 2002-2004 гг. их доля находилась в пределах 12...35% от величины суммарного водопотребления и увеличивалась до 57...68 % при получении первых укосов прошлых лет жизни пырея солончакового. В связи с недостаточным количеством атмосферной влаги, основная часть потребности растений во влаге удовлетворялась за счет оросительной воды, величина которой за годы исследований составила на травостое осеннего срока посева 40...56 %; весеннего срока посева – 45...50 % от объема водопотребления за вегетацию.

Таблица 3 - Элементы водного баланса на орошаемом поле пырея удлиненного сорта «Солончаковый»

Годы	2002		2003		2004	
	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%
Подано с оросительной водой	2000	42,8	2900	48,6	3600	53,0
Поступило с атмосферными осадками	1608	34,3	1167	19,5	946	13,9
Использовано из почвы	394	8,4	734	12,3	786	11,6
Использовано из грунтовых вод	680	14,5	1174	19,6	1456	21,5
Эвапотранспирация	4682	100,0	5974	100,0	6788	100,0

При определении составляющих суммарного водопотребления пырея солончакового, учитывалась оросительная вода, атмосферные осадки, доступная для растений влага почвы и близко залегающих грунтовых вод. Количество доступной влаги почвы не превышало 8...13 %, т.е. было незначительным. Большое влияние на расходование воды полем оказывает глубина залегания грунтовых вод. Так, при близком залегании (1,0...1,5 м) их уровня, влажность почвы повышалась, что приводило к увеличению расхода влаги. Максимальное подпитывание грунтовыми водами наблюдалось в период образования генеративных органов растения, т.е. в фазу «выход в трубку-колошение». В зависимости от срока посева потребность культуры во влаге компенсировалась за счет грунтовых вод в количестве: в 2002 г. - 600...750 м<sup>3</sup>/га; в 2003 г. – 1150...1200 м<sup>3</sup>/га и в 2004 г. – 1300...1700 м<sup>3</sup>/га. Доля грунтовых вод в эвапотранспирации составляла - 14...22 % (табл. 3).

Установленные балансовыми расчётами нормы полива корректировались в соответствии с впитывающей способностью почвы. Таким образом, норма полива назначалась с учётом интенсивности и качества дождя, впитывающей способности почвы, рельефа и уклона поверхности. Необходимое качество и эффективность дождевания обеспечивалось при применении достоковых (эрозивно допустимых) поливных норм, рассчитанных по методике Н.С. Ерхова с соавторами [1983]:

$$m_{д.н.} = K_v / (\sqrt{r} e^{-0,5d}) \quad (3)$$

В результате для супесчаных бурых полупустынных почв расчётная достаточная поливная норма равна  $m_{д.н.} = 383 \text{ м}^3/\text{га}$ . С учётом потерь воды на испарение (6...20 %), скорректированная расчётная технологическая поливная норма  $m_{act}$  составляла  $479 \text{ м}^3/\text{га}$ . Эта величина поливной нормы позволяет реализовать режим орошения без сброса оросительной воды в грунтовые воды.

## **Заключение**

1. Одним из важных путей при разработке фитомелиоративных систем и технологий рекультивации деградированных ландшафтов Калмыкии является внедрение комплекса мелиоративных мероприятий, позволяющих создать устойчивые и высокопродуктивные агроландшафты.

2. Получение 3-4 полноценных укосов пырея солончакового обеспечивается поддержанием влажности почвы в активном слое влагообмена не ниже 65-75 % НВ. Для этого в зависимости от срока посева в 1-й год жизни пырея солончакового требуется произвести 5...6 поливов оросительной нормой  $1500 \text{ м}^3/\text{га}$ ; Во 2-й год жизни – 8 поливов, оросительной нормой  $2800...3200 \text{ м}^3/\text{га}$ ; в 3-й год жизни – 9...10 поливов, оросительной нормой  $4000...4500 \text{ м}^3/\text{га}$ , при этом до 22 % потребности растений в воде компенсируется за счет близко расположенных к поверхности грунтовых вод.

3. Для эффективного, экологически безопасного использования почвенных ресурсов при орошении, необходимо ориентировать режим орошения пырея удлиненного сорта «Солончаковый» на поддержание влажности бурых полупустынных почв лёгкого гранулометрического состава в слое активного влагообмена не ниже 65...75 % НВ. При таком уровне поддержания влажности почвы на второй и последующие годы жизни получение первых укосов культуры возможно без проведения поливов. Для формирования полноценного укоса достаточно запасов влаги в почве, формирующихся за счет осенне-зимних осадков и активного использования растением грунтовых вод.

## **Литература**

1. Грамматикати О.Г., Нестеров Е.А. Международный «круглый стол» по проблеме эвапотранспирации // Гидротехника и мелиорация, 1980, № 9, с. 88-91; № 10, с. 84-89.

2. Данильченко Н.В., Булгаков В.И., Аванесян И.М., Никольская А.А. Водосберегающие оросительные нормы и экологически безопасные режимы орошения сельскохозяйственных культур в Западной Сибири. – Под ред. А.В. Колганова. – М.: Эдэль, 2000. – 150 с.

3. Ерхов Н.С., Мисенев А.С., Ильин Н.И. Сельскохозяйственная мелиорация и водоснабжение. - М.: Колос, 1983. - 351 с.

## **МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕЛИОРАНТ «МЕНОМ»**

**В.П. Максименко, С.Ю. Деев, С.А. Меньшикова**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Алексей Николаевич Костяков, сделавший большой вклад в развитие гидромелиораций, обращал особое внимание на тот факт, что эффективность применения инженерной системы зависит от плодородия почв на мелиорированных землях. Под антропогенным и природным воздействием на сельскохозяйственных полях, включая орошаемые и осушаемые земли, происходит уплотнение корнеобитаемого слоя почвы, интенсивно срабатываются запасы органического вещества и элементов минерального питания, как в процессе формирования урожая, так и в процессе оттока биофильных веществ в грунтовые воды. В результате ухудшается газовый, тепловой, питательный и водный режимы, интенсифицируются эрозионные и деградационные процессы почвы.

Исторически сложилось так, что обеспечение необходимых аэрационных условий для благоприятного развития сельскохозяйственных культур осуществляется путем механического разуплотнения почвы. Пищевой режим поддерживается внесением органических и минеральных удобрений. Регулирование водного режима почвы обеспечивается с помощью гидромелиоративных систем. Реализация перечисленных мероприятий сопровождается многократными технологическими операциями и строительством инженерных систем. С одной стороны это капитальные и текущие затраты, которые определяют себестоимость продукции, а с другой интенсификация уплотняющих воздействий на почву.

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.

Исследования по использованию высокомолекулярных пенопластов для целей улучшения и повышения плодородия почв начаты в 40-50 гг. XX века в Германии, где применялись мочевиноформальдегидный (МФП), полиуретановый и другие пенопласты [А. Кульман, 1982].

Известны сложные медленнодействующие удобрения, полученные на основе мочевиноформальдегидных смол [В.М. Клечковский и А.В. Петербургский, 1964; Б.А. Ягодин, 1982]. На их основе создано ряд других агрохимикатов, которые защищены патентами SU 4174957, 1979; SU 1063801, 1983; SU 1726467, 1992. В 2004 году защищено патентом вспененное карбамидофор-

мальдегидное удобрение [В.М. Мелкозеров с соавт., 2004] и представляемое сегодня как многофункциональный модифицированный мелиорант «МЕНОМ». Отличается от предыдущих агрохимикатов своим комплексным воздействием на почву, на ее агрохимические и физические свойства и отвечающее экологическим требованиям.

При изготовлении высокомолекулярного полимера используются 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 получается субстрат в виде поропласта, который 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 % и микроэлементы: бор, железо, марганец, медь, молибден и др. В состав полимера могут включаться различные поверхностно-активные вещества, микробиологические и органические добавки и штаммы. 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 3500...4000 % от массы.

Новый мелиорант может использоваться в технологиях разрыхления и повышения аэрированности почвы; повышения водоаккумулирующей способности легких почв; комплексной химической мелиорации почв (*включая регулирование микроэлементного состава*); повышения микробиологической активности аборигенной микрофлоры; снижения биогенной нагрузки на водоприемники гидромелиоративных систем; создания тепличных субстратов и урбаноземов при озеленении городских ландшафтов; рекультивации земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами.

Технологии мелиорации земель с использованием многофункционального мелиоранта отрабатывались при возделывании картофеля, моркови, лука, сахарной кукурузы, рапса масленичного, галеги восточной, суданки, люпина узколистного, пырея солончакового, а также томатов в защищенных грунтах; при рекультивации земель, загрязненных нефтепродуктами.

Мелиорант пролонгированного действия. Он запатентован и на него выдано санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии стандартным нормам.

С 2003 года были начаты экспериментальные исследования по разработке технологии применения нового мелиоранта комплексного длительного действия при возделывании различных сельскохозяйственных культур в основных почвенно-климатических зонах России.

Например, в Рязанской области исследования проводились на низко плодородных супесчаных подзолистых почвах. Были заложены полевые деляночные опыты с морковью. Эксперимент включал пять вариантов в 3-х кратной повторности с дозами внесения исследуемого мелиоранта: I – 1/5 (20 %), II – 1/10 (10 %), III – 1/20 (5 %), IV – (смесь мелиоранта с низинным торфом 1:1) в количестве 1/10 (10 %) от объема мелиорируемого слоя почвы и V - контроль. Результаты исследований за два года представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Биологическая урожайность моркови (кг/м<sup>2</sup>), возделываемой на мелиорированной супесчаной подзолистой почве с использованием комплексного мелиоранта (опытный участок «Полково», 2003-2004 гг.)

Год	Варианты	Среднее значение	Прирост, %
2003	I	2,22	15,7
	II	2,55	33,0
	III	2,95	53,9
	IV	3,22	68,2
	V	1,92	-
	НСР	± 0,31	
2004	I	1,30	26,2
	II	2,10	103,9
	III	2,08	101,9
	IV	2,43	135,9
	V	1,03	-
	НСР	± 0,39	

Анализ данных показал, что во всех вариантах с внесением мелиоранта отмечается рост урожайности моркови. В 2003 г. прослеживается четкая тенденция ее увеличения от большей дозы к меньшей (прирост составил 15...54 %). Объяснение такой тенденции можно найти в обеспечении посевов влагой. Опыт был заложен весной, учитывая, что почвы легкие, влагозапасы на момент внесения мелиоранта были незначительными, а вегетационный период – засушливым. В условиях низкого обеспечения посевов влагой основные преимущества мелиоранта (его влагоемкость и медленная растворимость элементов минерального питания) проявились недостаточно эффективно без орошения. Совместное внесение мелиоранта с низинным торфом оказалось наиболее эффективным. Прирост урожайности составил 68,2 %. В условиях низкого обеспечения супесчаных подзолистых почв гумусом (органикой) внесенные с торфом биофильные вещества оказались наиболее доступными растению, что и отразилось на продуктивности моркови.

На второй год (2004 г.) действие мелиоранта оказалось более существенным. Прирост урожайности моркови на всех вариантах был больше, чем в предыдущем году, и составил 26...136 % к контролю. При этом тенденция изменения прироста урожайности практически сохранилась, за исключением второго варианта, где прирост ее увеличился до 3-х раз и сравнялся с ней на третьем варианте. Значительный прирост урожайности моркови объясняется высвобождением из мелиоранта за осенне-весенний период под действием влагозапасов доступных форм элементов минерального питания растений и увеличением аккумулялирующей способности почвы. Как и в первый год проведения исследований, совместное внесение мелиоранта с низинным торфом обеспечило максимальный прирост урожайности моркови (136 %, табл. 1).

Особое место в серии опытов с многофункциональным мелиорантом занимают опыты по возделыванию томатов. В первых модельных опытах в качестве основного субстрата использовалась супесчаная дерново-подзолистая почва. Были заложены варианты с дозой внесения мелиоранта: I – 1/5; II – 1/10; III – 1/10 в виде мелиоративного слоя на глубине 0,04...0,05 м; IV – 1/10 смесь мелиоранта с низинным торфом в соотношении 1:1 и V – контроль. Влажность почвы поддерживалась на одном уровне во всех вариантах в течение всего вегетационного периода. Результаты опыта представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Формирование биологической массы томатов (г) под влиянием дозы мелиоранта и способа его внесения

Вариант	Доза удобрения	Биологическая масса по вариантам	
		г/сосуд	% к контролю
<b>I</b>	1/5 ВКФУ	246,85	93,6
<b>II</b>	1/10 ВКФУ	242,15	89,9
<b>III</b>	1/10 ВКФУ «мелиоративный слой»	284,14	122,8
<b>IV</b>	1/10(НГ+ВКФУ-1:1)	158,12	24,0
<b>V</b>	Контроль	127,52	-

Проведенные вегетационные опыты показали, что формирование и развитие биологической массы, а также корневой системы томатов интенсивнее всего происходит в почвенных субстратах с исследуемым мелиорантом. Наибольший эффект по накоплению биологической массы достигнут в варианте с дозой мелиоранта 1/10 в виде мелиоративного слоя – прирост к контролю составил 122,8 %. В вариантах I и II прирост биологической массы по отношению к контролю оказался на одном уровне, соответственно составил 93,6% и 89,9% (табл. 2). Возможность получения столь близких результатов в вариантах с разной дозой внесения мелиоранта была обусловлена поддержанием оптимального

уровня влажности почвы, что создало равные условия обеспечения растений элементами минерального питания.

Во всех исследованиях велись наблюдения за качеством продукции. Полученная продукция анализировалась 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	Золы	Жира	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

С 2005 года исследования по влиянию мелиоранта на продуктивность томатов осуществлялась в тепличных условиях Рязанского комбината. Изучалось влияние мелиоранта на развитие и формирование урожая томатов сорта F1 «Фараон», возделываемого в летнее-осеннем культурообороте по малообъемной технологии. Регулирование водного и пищевого режимов осуществлялось с использованием капельной системы. На фоне производственных параметров регулирования режимов (*I - контроль*) было заложено три варианта с внесением мелиоранта дозами: II - 1/20 (5 %); III - 1/10 (10 %) и IV - 1/5 (20 %) к объему основного субстрата, представленного верховым торфом. Результаты исследований представлены на номограмме (рис. 1).



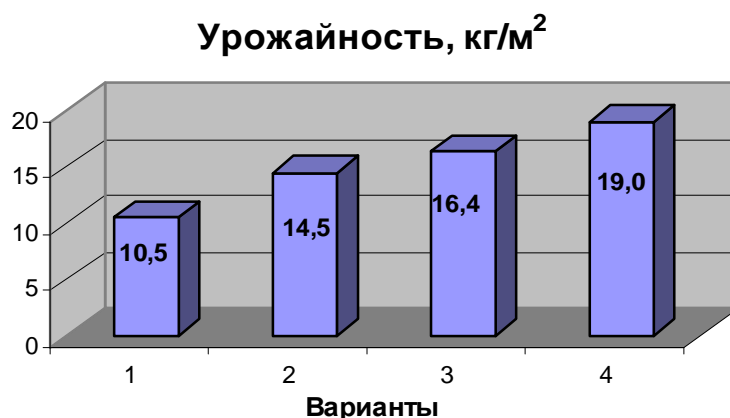


Рисунок 1 - Формирование урожайности томатов сорта F1 «Фараон» в зависимости от дозы внесения мелиоранта

Анализ данных показал, что положительное действие мелиоранта на формирование урожайности томатов сказывается даже при столь высоком технологическом уровне возделывания культуры. Более того, в этих опытах прослеживается четкая зависимость продуктивности томатов с увеличением дозы мелиоранта, что свидетельствует о зависимости эффективности его действия от влагообеспечения, которое в условиях малообъемной технологии производства поддерживается на высоком уровне. Прирост урожайности составил от 38 до 81 %. Экономическая оценка эффективности действия мелиоранта осуществлена по показателю рентабельности (рис. 2).

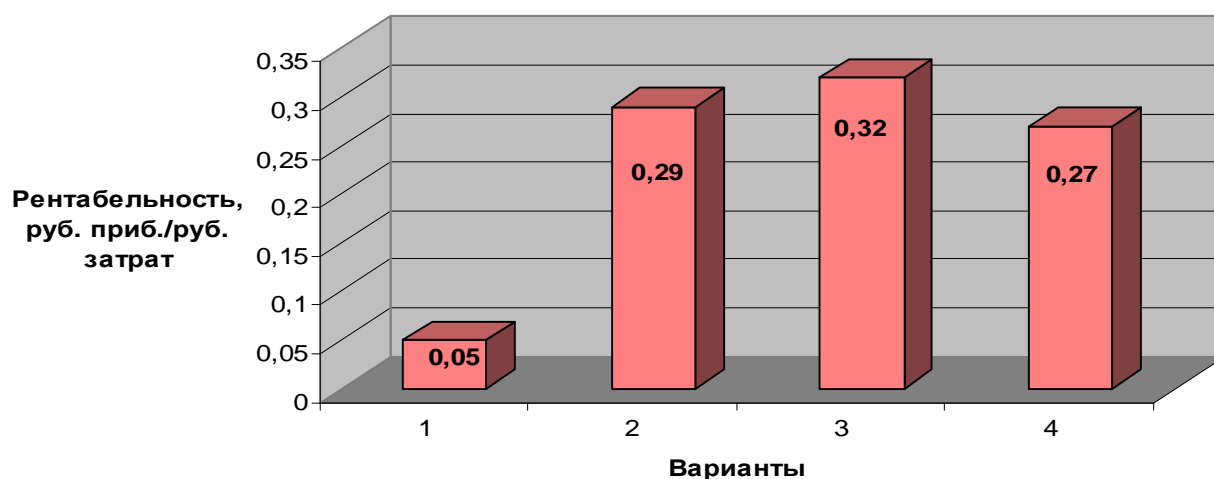


Рисунок 2 - Рентабельность возделывания томатов сорта F1 «Фараон» с использованием многофункционального модифицированного мелиоранта в тепличных условиях Рязанского комбината

Анализ данных показал, что в условиях конкретного хозяйства наибольшую прибыль обеспечивает вариант с внесением мелиоранта дозой 10 % от объема мелиорируемого основного субстрата. При этом во всех трех вариантах

рентабельность была выше производственной и колебалась в пределах 0,27...0,32 руб. прибыли на один рубль затрат.

### **Выводы**

Экспериментальными исследованиями было установлено, что полученное вспененное карбамидоформальдегидное удобрение может использоваться как многофункциональный мелиорант, обеспечивающий длительное улучшение условий произрастания сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях и при создании тепличных субстратов. Его применение способствует повышению эффективности использования водных ресурсов (*в частности, атмосферных осадкой холодного периода при богарном земледелии*), энергетических и материальных ресурсов.

### **Литература**

1. Клечковский В.М., Петербургский А.В. Агрохимия. - М.: Колос, 1964.- 527с.- (Учебники и учебные пособия для высших с.-х. учеб. заведений).
2. Кульман А. Искусственные структурообразователи почвы / Пер. с нем. и предисловие Н.Г. Ракипова. - М.: Колос, 1982. - 158 с.
3. Мелкозеров В.М., Нагорный Л.Д., Олейник В.В., Махновецкий А.Б., Максименко В.П., Мажайский Ю.А., Деев С.Ю., Бородычев В.В., Адьяев С.Б., Чапанова М.П. Вспененное карбамидоформальдегидное удобрение и способ его получения. - Патент РФ № 2230719. - БИПМ № 17 от 20.06.2004.
4. Ягодин Б.А. Агрохимия - М.: Колос, 1982.- 574 с., - (Учебники и учебные пособия для высших с.-х. учеб. заведений).

УДК 631.445.152:551.438

## **ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА СОСТОЯНИЕ ПОЙМЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ ЦЕНТРА РОССИИ**

**А.Е. Михалева**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Для центральных районов европейской части России пойменные почвы представляют особенно большую ценность, поскольку используются для выращивания овощеводческой продукции для снабжения близлежащих городов. Из общей площади пойменных земель, которая в Нечерноземной зоне Российской Федерации составляет 6 млн. га, примерно половина занята сельскохозяйственными угодьями, в том числе на долю пашни приходится до 45% площади всех угодий.

Острая потребность в обеспечении городского населения овощами вызвала необходимость распашки пойм и использования распаханых земель в интенсивных севооборотах, насыщения распаханых земель овощными культурами (до 100% площади) с внесением органических и минеральных удобрений,

средств борьбы с сорняками и вредителями сельскохозяйственных культур. Выращивание овощных культур в поймах рек проводится, как правило, на осушаемых и орошаемых землях.

В условиях умеренного климата центра Европейской части России значительная доля пойменных почв обладает более высоким эффективным плодородием по сравнению с преобладающими в лесной зоне кислыми подзолистыми почвами. Однако, анализ урожайности овощей, выращиваемых на поймах последние 10 лет, показал ее повсеместное снижение на 10-30%, что однозначно свидетельствует о потере плодородия пойменных почв.

Проводимые на пойменных землях мелиоративные мероприятия, как правило, не дают того эффекта, на который можно было бы рассчитывать, принимая во внимание уникальность свойств пойменных почв.

Динамика водно-физических и агрохимических свойств мелиорируемых и интенсивно используемых пойменных почв на протяжении длительного периода исследовалась в Московской области на стационарах и опытных участках ВНИИГиМ, МГУ и Почвенного института РАН в поймах рек Оки, Москвы и Яхромы.

Обобщая результаты проведенных исследований, можно отметить, что в целом использование мелиорируемых пойменных почв в интенсивных севооборотах пока не привело к резкому ухудшению их водно-физических свойств. Однако, в отдельных случаях наблюдалось уплотнение почв тяжелой техникой (особенно в транспортной колее) и связанное с этим уменьшение их водопроницаемости. Известно, что снижение количества водопрочных агрегатов приводит к слитизации минеральных пойменных почв. Такие явления отмечены в Раменском и Одинцовском районах (пойма р. Москвы) и Озерском районе (пойма р. Оки). При этом зачастую происходит утрата зернистой макроструктуры почв и разрушение агрономически ценных агрегатов.

Избыточное применение минеральных удобрений иногда приводит к подкислению почв (в Серпуховском районе, р.Ока и Одинцовском районе, р.Москва)

Водно-физические свойства торфяных почв пока благоприятны, исключение – некоторое увеличение их плотности. В отдельных случаях отмечается разрыв капилляров между пахотным и подпахотным горизонтами и пересушка верхнего почвенного горизонта, а так же уменьшение водопоглощающей и водоудерживающей способности торфа.

Повсеместно на минеральных пойменных почвах отмечается снижение содержания гумуса в верхних горизонтах, особенно в первые годы освоения. Восстановлению гумуса в почвах способствует более рациональное их использование и продуманная система удобрений.

Другой характерной особенностью интенсивно используемых минеральных пойменных почв является их зафосфачивание, которое происходит в ре-

зультате нерационального внесения удобрений. В торфяных почвах поймы р. Яхромы наоборот происходит снижение содержания фосфора.

Исследования калия и азота в почвах показали, что миграционные процессы протекают неоднозначно. Так, если в Серпуховском районе (пойма р. Оки) наблюдается их увеличение, то в Раменском районе (пойма р. Москвы) в пахотном горизонте количество азота и калия снижается. На торфяных почвах поймы р. Яхромы содержание калия увеличивается, а азота – уменьшается.

В ряде случаев в минеральных пойменных почвах отмечается выщелачивание кальция и магния, что приводит к снижению их плодородия.

Минерализация торфяных почв, используемых в интенсивных севооборотах, способствует выносу подвижных элементов в дренажные и природные воды. В результате качественный состав реки – водоприемника ухудшается: повышается минерализация воды, растет содержание сульфатов, фосфатов, в воде появляются хлор, азот аммонийный и нитратный, двух- и трехвалентное железо.

Немаловажным фактором, влияющим на экологическое состояние пойменных земель Московской области, является загрязнение их тяжелыми металлами (в основном – свинцом, цинком, медью, кадмием и др.). Источником загрязнения почв на землях сельскохозяйственного назначения являются стоки птицефабрик и животноводческих комплексов, а также – минеральные удобрения, пестициды, средства протравливания семян и т.п.

Для повышения продуктивности пойменных агроландшафтов и улучшения их экологического состояния необходимо использовать систему мер, включая оптимальную организацию территории, рациональные севообороты и способы обработки почв, систему удобрений и ряд других мероприятий, направленных на защиту и предотвращение деградации пойменных почв.

УДК 631.347

## **ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «ФРЕГАТ» ФРОНТАЛЬНОГО ПЕРЕДВИЖЕНИЯ**

**В.А. Нагорный, Н.Ф. Рыжко, В.Л. Угнавый, И.А. Шушпанов**  
ФГНУ ВолжНИИГиМ, Энгельс, Россия

В ФГНУ «ВолжНИИГиМ» разработана дождевальная машина «Фрегат» фронтального передвижения, осуществляющая позиционный полив от гидрантов «Волжанки». ДМ «Фрегат» смонтированы в ОПХ «ВолжНИИГиМ» Энгельсского района и КФХ «Опыт» Марковского района.

Машина состоит из водопроводящего пояса, установленного на опорных тележках с модернизированным гидроприводом и системой синхронизации движения. Машина снабжена узлом подачи воды из трубопровода ороситель-

ной сети в трубопровод машины, противоаварийной защитой, системой управления.

Водопроводящий трубопровод, установлен на опорных тележках. Длина пролета между тележками 30 м, длина первой консоли 10 или 15 м, длина последней консоли 17,3 м. На первой консоли установлена телескопическая труба от ДКШ-64 «Волжанка», напорный рукав Ø 100 мм и колонка. В первую консоль вварен переходник для крепления дополнительного пожарного рукава Ø 77 мм и длиной 20 м, который также снабжен колонкой.

Для передвижения в прямом и обратном направлении используются реверсивный гидропривод. На тележках (кроме первой и последней) смонтированы основные и дополнительные регуляторы скорости с системой аварийной защиты, которые при остановке любой промежуточной тележки останавливают первую и последнюю. Для полива могут быть использованы среднеструйные аппараты «Фрегат» № 3 или пластмассовые, среднеструйные дождевальные аппараты конструкции «ВолжНИИГиМ».

При позиционном поливе машина устанавливается напротив гидранта, на который закрепляется колонка с напорным рукавом Ø 100 мм. При открытии гидранта расход воды 30...35 л/с при напоре 0,4 МПа поступает в водопроводящий трубопровод машины. Одновременно из соседнего гидранта по рукаву Ø 77 мм в водопроводящий трубопровод поступает порядка 20 л/с. Суммарный расход машины составляет 50 л/с. В это время гидроприводы тележек отключены запорными клапанами и машина проводит позиционный полив среднеструйными дождевальными аппаратами.

В ОПХ ФГНУ «ВолжНИИГиМ» смонтирована 10-ти опорная машина с водопроводящим трубопроводом длиной 300 м. На машине установлен 31 среднеструйный аппарат со средним расходом воды 1,6 л/с. Диаметр основного и дополнительного сопла аппарата 5,6–7,1 мм. Радиус захвата дождем – 20 м. Средняя интенсивность дождя на позиции – 0,24 мм/мин, средняя крупность дождя – 1,3...1,4 мм. Норма полива до стока – 380... 450 м<sup>3</sup>/га.

При смене позиции оператор закрывает основной и дополнительный гидранты, отсоединяет основную колонку и устанавливает заглушку, фиксирует напорный рукав Ø 100 мм и телескопическую трубу на консоли машины. Затем открывается дополнительный гидрант. Вода в машину в данном случае поступает только по рукаву Ø 77 мм.

При помощи запорных клапанов отключаются дождевальные аппараты, смонтированные на крайних к тележкам штуцерах. По гидравлической трубке вода подается к запорным клапанам гидропривода, которые включают в работу гидроцилиндры тележек. При максимальной цикличности 5,5 ход/мин и скорости передвижения машины 0,9 м/мин, время перегона между гидрантами (18 м) составляет порядка 20 мин.

Испытания показали, что машина легко перенастраивается с прямого на обратный ход. Прямолинейность хода тележек контролируется оператором и в случае отставания или забегания крайних тележек, оператор может остановить одну из них, и при этом машина будет выравниваться автоматически.

Дождевальная машина «Фрегат» фронтального передвижения:

-обеспечивает позиционный полив и фронтальное передвижение машины без полива в прямом и обратном направлении от гидранта к гидранту;

-позволяет повысить производительность труда путем увеличения расхода воды до 50 л/с (вместо 32 л/с - стандартное крыло ДКШ-64 «Волжанка»), уменьшает трудовые затраты на переходы с позиции на позицию и периодическое выравнивание (через 4...5 позиции) водопроводящего трубопровода, характерное для «Волжанки»;

-улучшает технологию полива, повышает равномерность полива за счет увеличения радиуса захвата дождем; экономит ресурсы, так как обеспечивает передвижение по полю без полива и проводит полив всех сельскохозяйственных культур, включая высокостебельные, в том числе на орошаемых участках с уклонами  $\pm 0,05$ ;

-увеличивает срок службы за счет применения оцинкованных узлов и деталей до 20...25 лет и повышает надежность работы конструкции машины;

Расчетный суммарный экономический эффект от применения ДМ «Фрегат» фронтального передвижения составляет 40...60 тысяч рублей на машину.

В настоящее время ведется изготовление оборудования для фронтальной ДМ «Фрегат», обеспечивающей полив в движении, которая будет смонтирована в ОПХ «ВолжНИИГиМ».

УДК 631.413

## **ПЕРЕДВИЖЕНИЕ, ТРАНСФОРМАЦИЯ И ПОГЛОЩЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ, РАСТВОРАХ И РАСТЕНИЯХ**

**А.Н. Николаенко**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Около 80 элементов, содержание которых в литосфере не превышает 0,14%, известны как микроэлементы, среди которых цинк, медь, марганец, кобальт, молибден и бор играют важную роль в питании растений и животных.

В отличие от основных элементов, содержание которых в различных геологических формациях отличается не более чем в 2 раза, содержание микроэлементов в различных районах отличается значительно. Там где важные примесные элементы содержатся в аномально высоких или аномально низких количествах, можно проследить их вредное воздействие на животных и растения.

В различных типах почв встречаемые значения содержания микроэлементов могут перекрываться. Несмотря на это, их средневзвешенные значения могут служить характеристикой этих почв.

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, сорбции и зависящего от условий среды, в которых эти процессы протекают.

Основные микроэлементы - цинк, медь, кобальт, молибден, марганец - являются металлами, большинство органоминеральных форм которых в воде имеют незначительную растворимость. Поведение микроэлементов в почвах и растворах зависит от конкретного вида их химических форм, которые принимают участие в различных реакциях и процессах.

Раствор любой соли обладает определенной величиной рН, зависящей от равновесия гидролиза. Понижение рН за счет добавки посторонней кислоты обычно не приводит к каким-либо изменениям, связанным с образованием осадка. Но уменьшение кислотности, например, за счет добавки щелочи, вызывает увеличение рН до определенной величины, при которой начинается выделение осадка малорастворимой гидроокиси металла или его основной соли. Во многих практических случаях важно знать рН, при котором начинается образование осадка. Если произведение растворимости  $L$  вещества, могущего выпасть в осадок, известно достаточно точно, то можно рассчитать величину рН, при которой должен появиться осадок [2].

$$pH = -\lg a_{H^+} = \frac{1}{Z_K} \lg L - \lg K_W - \frac{1}{Z_K} \lg a_{Me^{+Z_K}}, \quad (1)$$

$$\text{где } a_{OH^-} = \frac{K_W}{a_{H^+}}, \quad L = a_{Me^{+Z_K}} \cdot a_{OH^-}^{Z_K},$$

$a$  – активность иона,  $K_W$  – ионное произведение воды.

Последнее выражение и может быть использовано для практических важных расчетов, так как связывает величину рН раствора с активностью насыщенного иона металла в таком растворе. Используя формулу (1) можно рассчитать равновесные концентрации металлов в водных и поровых растворах при незначительных величинах комплексообразования. Наиболее часто встречающиеся значения рН для почв укладываются в интервал 5,5 - 9,5. Необходимые для расчета произведения растворимости гидроксидов металлов взяты из справочных данных, а расчетные данные приведены в таблице 1.

Полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными фактами, что, как правило, при изменении рН раствора на единицу, концентрация металла меняется на два порядка. Точность полученных результатов зависит от надежности использованной величины  $L$ .

Таблица 1 - Равновесные концентрации микроэлементов в водных и поровых растворах

рН	Микроэлементы, г-ион/л		
	Zn	Cu	Co
5,5	4,0	$2,2 \times 10^{-3}$	20,0
6,0	$4,0 \times 10^{-1}$	$2,2 \times 10^{-4}$	2,0
6,5	$4,0 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-1}$
7,0	$4,0 \times 10^{-3}$	$2,2 \times 10^{-6}$	$2,0 \times 10^{-2}$
7,5	$4,0 \times 10^{-4}$	$2,2 \times 10^{-7}$	$2,0 \times 10^{-3}$
8,0	$4,0 \times 10^{-5}$	$2,2 \times 10^{-8}$	$2,0 \times 10^{-4}$
8,5	$4,0 \times 10^{-6}$	$2,2 \times 10^{-9}$	$2,0 \times 10^{-5}$
9,0	$4,0 \times 10^{-7}$	$2,2 \times 10^{-10}$	$2,0 \times 10^{-6}$
9,5	$4,0 \times 10^{-8}$	$2,2 \times 10^{-11}$	$2,0 \times 10^{-7}$
	$L_{Zn(OH)_2} = 4,0 \times 10^{-17}$	$L_{Cu(OH)_2} = 2,2 \times 10^{-20}$	$L_{Co(OH)_2} = 2,0 \times 10^{-14}$

В конечном счете, микроэлементы попадают в почву из оросительной воды, из атмосферы или изначально содержатся в ней в составе почвообразующих пород. В почве они вступают во многие химические и биохимические реакции. Большинство микроэлементов являются элементами с переменной валентностью и участвуют во множестве окислительно-восстановительных (ОВ) реакций. Знание основных закономерностей протекания этих процессов составляет основу понимания и управления почвенным плодородием и питанием растений.

Способность отдавать или принимать электроны металлами-микроэлементами характеризуется ее стандартным окислительно-восстановительным потенциалом  $E_h^0$ , измеренным по отношению к стандартному водородному электроду, потенциал которого принимается равным нулю. Тогда любую полуреакцию можно записать в виде:



где  $n$  - число электронов,  $m$  - число ионов  $H^+$ , участвующих в реакции, а  $x$  и  $y$  - стехиометрические коэффициенты.

Известно, что стандартный потенциал  $E_h^0$  редокс пары связан с изменением энергии Гиббса в полуреакции (2), т.е. при переходе  $Ox \rightarrow Red$  уравнением (7.3).

$$\Delta G_p^0 = -nE_h^0F \quad (3),$$

где  $F$  - число Фарадея ( $F = 23,066$  кал/мВ).

Если концентрации (а точнее термодинамические активности) окисленной и восстановленной форм некоторой редокс пары в растворе произвольны, а



также произвольны рН раствора и температура, то ОВ - потенциал  $E_h$  этой пары определяется по уравнению Нернста:

$$E_h = E_h^o + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{ox}^y a_{H^+}^m}{a_{Red}^y a_{H_2O}}$$

где R - газовая постоянная; T – абсолютная температура.

Относительно металлов-микроэлементов можно сказать, что чем более отрицателен их стандартный электродный потенциал, тем большую способность отдавать электроны в реакциях (окисляться - находиться в растворе в ионной форме) они испытывают.

Роль почвы в ОВ-реакциях состоит в предоставлении электронных акцепторов для окисления органических соединений. В почвенных реакциях окисления высвобождается запасенная в остатках растений энергия фотосинтеза. Из всех окислителей, имеющих в почве, сильнейшим является молекулярный кислород, поэтому в реакциях с  $O_2$  высвобождается максимальная энергия.

Если по некоторым причинам кислород в почве отсутствует, в роли окислителей выступают другие вещества (ионы или молекулы), которые обычно присутствуют в почвах в достаточных количествах. Это соединения  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{3+}$ ,  $Mn^{4+}$ , ионы  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $H^+$  в почвенном растворе. При использовании этих вторичных окислителей значительно снижается выход энергии, а кроме того в некоторых случаях образуются продукты, неблагоприятные для жизни растений и водных организмов.

Основой описания существования тех или иных химических форм элементов в природных водах и почвах могут служить диаграммы  $E_h - pH$ . Электродный потенциал любой редокс пары при произвольных концентрациях окисленной и восстановленной форм определяется уравнением:

$$E_n = E_n^o + \frac{59,1}{n} \lg \frac{[Ox]^x}{[Red]^y} - 59,1 \left( \frac{m}{n} \right) pH.$$

Из этого уравнения следует, что  $E_h$  линейно зависит от рН. Однако, могут встречаться реакции, в которых не участвуют  $H^+$  и  $OH^-$ , тогда  $E_h$  от рН не зависит.

В сельскохозяйственной практике необходимо знать поведение элементов, в том числе и микроэлементов, в зависимости от рН среды и ОВ- потенциала. Основные реакции в почвах протекают с участием воды. Поэтому важно понять, что в природной среде возможна относительно узкая область изменения электродных потенциалов, определяемая устойчивостью воды к окислению ее до  $O_2$  и восстановлению до  $H_2$ .

Рассматривая окислительно-восстановительные реакции металлов и применяя соотношение Нернста, можно выделить области равновесных форм элементов в координатах  $E_h - pH$ , на которые накладывает ограничение область устойчивости воды. Существование той или иной химической формы элемента

определяется величинами рН, электродного потенциала – Eh, а простираение областей этих форм зависит от концентрации ионов в растворе. Такие диаграммы состояний элементов цинка, меди, кобальта, молибдена и т.д. могут быть использованы для определения микроэлементного режима почв при изменении внешних условий [1].

Перенос растворенных микроэлементов может происходить через почвенный раствор (диффузия) и вместе с движущимся потоком влаги в почве (конвекция). Однако, специфические свойства почв, в основном их катионообменная способность, контролируют скорость миграции микроэлементов в профиле почв.

В основном теоретические работы в этой области связаны с изучением растворимых равновесных форм микроэлементов, служащих как для объяснения основных реакций, так и для понимания процессов выщелачивания и почвообразования с целью использования в различных областях управления агротехническими мероприятиями и охраной окружающей среды [3].

Основу количественного описания поступления микроэлементов составляют балансовые модели, рассчитанные для различных экосистем. Вместе с тем для практических и научных целей значительный интерес представляет количественное описание процессов, связанное с более детальным перераспределением микроэлементов с учетом основных физико-химических и биологических процессов.

Уравнения конвективно-диффузионного переноса химических элементов с добавлением функций источников-стоков, определяемых основными физико-химическими и биологическими взаимодействиями в твердой, жидкой и сорбированной фазах почвы, и могут составлять основу системы описания детального поведения микроэлементов в почвах и поровых растворах [4].

Функция источника - стока  $Q_{Si}$  связана с обменными процессами, происходящими между ионами микроэлементов, находящимися в растворе и части почвенного поглощающего комплекса, ответственного за сорбцию микроэлементов. Эта часть комплекса представлена оксидами и гидроксидами марганца, железа и алюминия.

$$Q_{S_i} = W \times \frac{dN_{S_i}}{dt} = W \beta_i (C_i - C_{pi}),$$

где  $\xi$ - коэффициент пересчета концентраций,  $N_{Si}$  - содержание микроэлемента в поглощающей фазе почвы,  $\beta_i$  - кинетический коэффициент адсорбции, а  $C_{pi}$  - равновесная концентрация микроэлемента в растворе, соответствующая текущему значению  $N_{Si}$ ,  $W$  – объемная влажность. Соотношения между  $N_{Si}$  и  $C_{pi}$  описываются изотермами сорбции. Наиболее универсальной является изотерма сорбции Ленгмюра, которая может описывать как ионообменные процессы в почвах так и специфическую адсорбцию и имеет вид:

$$\frac{C_{pi}}{N_{Si}} = \frac{C_{pi}}{N_{\max}} + \frac{K_i}{N_{\max}}$$

где  $N_{\max}$  - емкость поглощения,  $K_i$  - константа равная отношению скоростей десорбции и сорбции. В таблице 2 приведены рассчитанные значения  $N_{\max}$  и  $K_i$  для различных микроэлементов по экспериментальным данным различных авторов.

Таблица 2 - Значения констант изотермы сорбции Лэнгмюра, рассчитанные по экспериментальным данным

	Элемент			
	Zn	Cu	Co	Mo
Тип сорбции	Обменная	Специфическая	Обменная	Отрицательная адсорбция
$C_{pi}$ , мкг·экв/л	0,2 - 0,4	11,8 - 33,07	0,01-2,9	0,0052-0,0678
$N_{Si}$ , мкг·экв/100г	1,15 - 1,50	157,5-315,0	2-40	0,01-5,3
$N_{\max}$ , мкг·экв/100г	2	710	145	0,032
$K_i$	0,14	41,45	7,25	0,011

Эти данные имеют иллюстративный характер и должны уточняться для конкретных почвенных условий.

Наконец функция стока  $Q_{ki}$ , характеризующая поглощение микроэлементов корнями растений, может быть представлена уравнением Михаэлиса-Ментен в виде:

$$Q_{ki} = W \times \frac{dN_{ki}}{dt} = \frac{I_{\max} C_i S_K}{K_m + C_i},$$

где  $N_{ki}$  - количество микроэлемента, поглощенного корневой системой, приходящейся на определенный объем (или масса) почвы;  $I_{\max}$  - максимальный поток элемента в корневую систему единичной поверхности,  $S_K$  - поверхность корневой системы, приходящаяся на единичный объем (или вес) почвы;  $K_m$  - концентрация элемента, при которой  $I=1/2I_{\max}$ .

Система уравнений, описывающая миграцию микроэлементов, должна быть дополнена начальными и граничными условиями. В начальный момент времени даются распределения элементов в поровом растворе, сорбированной и твердой фазах по почвенному профилю  $C_{oi}(x)$ ,  $N_{SOi}$ ,  $N_{TOi}$  для  $x \in [0, \mathbf{1}]$ . На верхней ( $x=0$ ) и нижней ( $x=\mathbf{1}$ ) границах расчетного слоя  $\mathbf{1}$  можно записать следующие условия:

$$C_i \Big|_{x=0} = C_{Gi}, \text{ если } V \geq 0.$$

Это условие учитывает составляющую микроэлементов, поступающую в почву с осадками или оросительной водой. При  $V < 0$  (испарение) поток влаги увлекает микроэлементы к поверхности почвы, где за счет концентрирования формируется встречный, уравнивающий, диффузионный поток.

$$\left. \frac{\partial}{\partial x} \left( D_i \frac{\partial c_i}{\partial x} - VC_i \right) \right|_{x=0} = 0$$

На нижней границе расчетного слоя можно записать условие  $\left. \frac{\partial c_i}{\partial x} \right|_{(x=l)} = 0$ , которое соответствует постоянству концентрации микроэлемента в граничной области. Запись этого условия тем более оправдана, если нижняя граница расчетного слоя совпадает с поверхностью грунтовых вод.

Если учесть, что концентрация микроэлементов в водных системах незначительна и составляет порядок  $10^{-2} - 10^{-4}$  мг/л, то можно считать, что основное влияние, которое они испытывают, производится макроионными компонентами раствора. Эти макрокомпоненты имеют концентрации в водных системах на несколько порядков выше, чем микроэлементы, и создают физико-химическую среду переноса и трансформации последних. Это влияние, прежде всего, оказывается посредством создания определенных химических характеристик среды, таких как рН и ионная сила раствора. Первая из них определяет растворимость, а следовательно, и подвижность микроэлементов в поровых растворах. Ионная сила влияет путем изменения их коэффициентов активности. Однако это влияние незначительно и имеет смысл принимать его в расчет только при необходимости учета эффектов более высокого порядка. Таким образом, микроэлементы раствора «не видят» друг друга и их поведение можно описывать независимо, но учитывая влияние на них макрокомпонентной составляющей раствора.

Приведенный подход может служить теоретической основой количественной интерпретации микроэлементного режима с целью его регулирования в почвах, водных средах и растениях.

### Литература

1. Николаенко А.Н. Тяжелые металлы и микроэлементы в природных и техногенных процессах. Алматы, Алем, 2002.
2. Скорчелетти В.В. Теоретическая электрохимия. Л., «Химия», 1974, с.177.
3. Bolt G.H., Bruggenwert M.G.M., Eds. Soil Chemistry. A Basic Elements, Elsevier, Amsterdam, 1976, 281.
4. Nikolaenko A.N. Mathematical Model of Multy-Ion-Salt migration in soils and Pore Solutions. Abstracts jocernal of Conferenct V.M. Goldschmidt. Heidelberg, Germany, 1996, P.434.

## ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОГУРЦА В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

**А.С. Овчинников, М.А. Шуваева**

Волгоградская ГСХА, Волгоград, Россия

Огурец - традиционный овощ российских огородов и наиболее доходная культура тепличных комбинатов. В настоящее время огурец выращивают во всех странах мира. Даже на Крайнем Севере – это основная культура в защищенном грунте. В умеренной зоне и южнее огурец выращивают в теплицах, парниках и открытом грунте. В открытом грунте огурец занимает третье место по площади после капусты и томата. В защищенном грунте он занимает около 70% всех площадей.

Ареал огурца в мире с каждым годом расширяется, на данный момент более чем в 100 странах мира огурец производится на зеленец и корнишоны. Наибольшее количество огурца производится в Азии, затем в Европе; наименьшее - в Южной Америке. В мире прослеживается общая тенденция на увеличение площадей, быстрыми темпами увеличивается площадь в Азии, в Африке и Южной Америке размеры площадей держатся на одном уровне, в Европе незначительно уменьшаются. Наибольшие площади под огурцом находятся в Китае, Иране, Индонезии, Ираке, США, Турции, Узбекистане, Украине, России, Польше.

В последние годы в Российской Федерации культурой огурца занято около 90 тыс.га. На рисунке 1 представлена площадь, занятая под культурой огурца по федеральным округам. Наибольшие размеры площадей под огурцом находятся в Центральном, Южном и Приволжском округах.

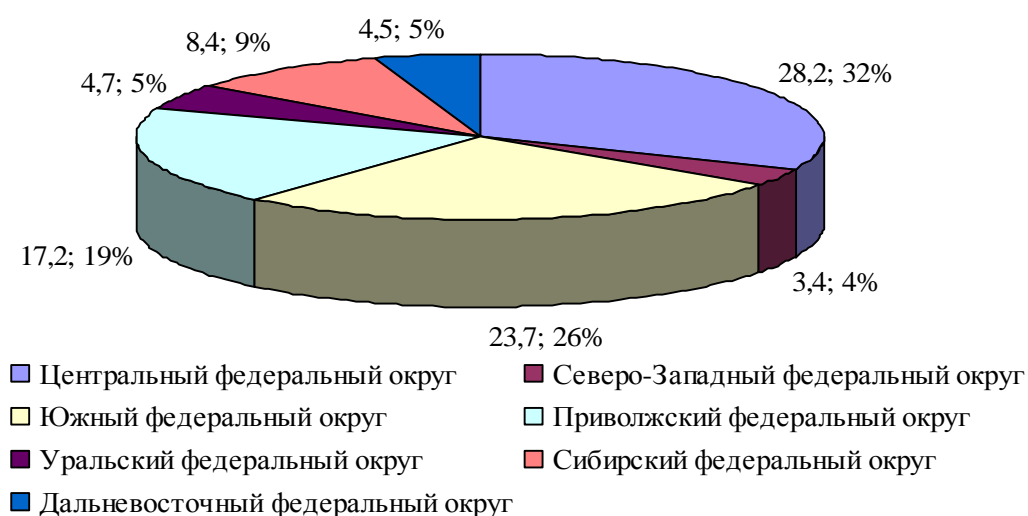


Рисунок 1 – Площади посева огурца в Российской Федерации

Около 83 тыс. га, занятых под огурец, - это хозяйства населения, около 5 тыс. га - сельскохозяйственные организации, около 3 тыс. га - крестьянские и фермерские тепличные хозяйства, около 0,5 тыс. га - малые предприятия.

В Российской Федерации в открытом грунте в последние годы урожайность огурца довольно низкая в пределах 15-16 т/га. В то время как в Европейских странах она достигает 80-100 т/га.

Разнообразие технологий производства огурца в открытом грунте не позволяет реально оценить, какая страна в мире получает наибольший урожай. В странах ЕС производят около 11 млн. т огурца в год, около трети из них - в Голландии. Валовой сбор огурца в нашей стране в последние годы составляет 12-13 млн.т. Несмотря на это уже несколько последних лет ощущается острая нехватка огуречной продукции.

Важной задачей расширения производства огурцов с использованием систем капельного орошения является адаптация технологии капельного полива к биологии культуры в почвенно-климатических условиях региона. В нашем регионе с острозасушливым климатом, большим дефицитом водных ресурсов, сложными почвенными и гидрологическими условиями (засоление, близкое залегание подземных вод), высокой стоимостью электроэнергии за подачу оросительной воды на поля, капельное орошение имеет широкую перспективу развития. Отсутствие для условий Нижнего Поволжья технологии возделывания огурца в открытом грунте при капельном орошении определило необходимость проведения исследований, направленных на разработку и освоение режимов орошения и системы внесения минеральных удобрений дозами, рассчитанными на получение урожайности огурца 30... 70 т/га.

Цель исследований – разработка ресурсосберегающей технологии капельного орошения огурца на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья, обеспечивающей при поддержании необходимого водного и питательного режимов почвы получение урожайности 30...70 т/га экологически безопасных плодов огурца стандартного качества.

Полевые и лабораторные исследования с 2005 года проводятся на посевах огурца в фермерском хозяйстве «Садко» Дубовского района Волгоградской области. Полевой опыт заложен по трехфакторной схеме, предусматривающей изучение влияния уровней предполивной влажности почвы, уровней минерального питания, способов подготовки почвы на продукционный процесс и урожайность огурцов.

Схема опыта по фактору А (уровень предполивной влажности почвы) включает следующие варианты:

**A<sub>1</sub>** – поддержание предполивного порога влажности почвы в течение всего вегетационного периода на уровне 70% НВ;

**A<sub>2</sub>** - поддержание предполивного порога влажности почвы в течение всего вегетационного периода на уровне 80% НВ;

**A<sub>3</sub>** - поддержание предполивного порога влажности почвы в течение всего вегетационного периода на уровне 90% НВ.

В период от посева до фазы цветения растений заданный предполивной порог влажности почвы поддерживается в слое – 0,3 м, а с фазы цветения до последнего сбора в слое – 0,5 м.

Схемой опыта по пищевому режиму почвы (фактор В) предусмотрено 3 варианта доз внесения минеральных удобрений, рассчитанных на получение трех различных уровней урожайности огурца:

**B<sub>1</sub>** – внесение N<sub>65</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub>, рассчитанное на получение урожайности плодов огурца 30 т/га;

**B<sub>2</sub>** - внесение N<sub>105</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub>, рассчитанное на получение урожайности плодов огурца 50 т/га;

**B<sub>3</sub>** - внесение N<sub>145</sub>P<sub>80</sub>K<sub>55</sub>, рассчитанное на получение урожайности плодов огурца 70 т/га.

Подготовка почвы (фактор С) включает 2 варианта опытов:

**C<sub>1</sub>** – общепринятая технология подготовки почвы;

**C<sub>2</sub>** – полосное внесение соломы на глубину 25-27 см.

На всех вариантах опыта рельеф, почвенные и гидрологические условия идентичны. По площади земельного участка опыт заложен методом организованных повторений. Повторность - четырехкратная. В пределах организованного повторения варианты опыта располагаются рендомизированно. Площадь учетных делянок по вариантам опыта 150 м<sup>2</sup>, площадь повторности 2250 м<sup>2</sup>.

Закладка и проведение полевых опытов осуществляется в соответствии с методиками, изложенными в фундаментальном труде Б.А. Доспехова, методики планирования эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов, методическими рекомендациями ВАСХНИЛ.

Во время полевых исследований проводились фенологические наблюдения, биометрические учеты, анализы почвенных и растительных образцов, изучение водно-физических и химических свойств почвы. Контроль за влажностью осуществляли термостатно-весовым методом и с помощью тензиометров. Водопотребление огурцов за вегетацию и по межфазным периодам определяли методом водного баланса.

Расход воды на полив устанавливали по расходомеру. Учет урожая проводили по всем вариантам опыта. Учитывали биологический урожай огурцов, а также объем продукции, отвечающей требованиям установленных стандартов. Экономический анализ возделывания огурцов выполнен в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов».

Для поддержания предполивного порога влажности почвы на уровне 70% НВ в течение вегетационного периода 2006 года потребовалось провести 8 поливов по 210 м<sup>3</sup>/га. До начала цветения было проведено 3 полива, а в фазы цве-

тения и плодоношения 5 поливов. Поддержание предполивного порога влажности почвы 80% НВ в опытах обеспечивалось проведением 20 поливов по 140 м<sup>3</sup>/га, а для поддержания влажности в расчетном слое почвы на уровне 90 % НВ было проведено 50 поливов нормой 70 м<sup>3</sup>/га.

Поддержание по вариантам опыта заданного уровня влажности почвы в сочетании с внесением минеральных удобрений обеспечило формирование планируемого урожая (табл.1)

Таблица 1 - Урожайность огурцов по вариантам опыта, т/га

Способ подготовки почвы	Уровень минерального питания	Водный режим, % НВ	Урожайность, т/га	
			2005г.	2006г.
Обычная вспашка	N <sub>65</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	70	28,7	29,3
		80	33,1	34,7
		90	35,4	36,0
	N <sub>105</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	70	33,4	34,1
		80	50,9	51,4
		90	55,7	56,8
	N <sub>145</sub> P <sub>80</sub> K <sub>55</sub>	70	38,2	39,5
		80	59,4	61,2
		90	65,7	67,6
Обычная вспашка и полосное внесение соломы	N <sub>65</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	70	31,3	32,6
		80	35,9	37,0
		90	38,3	39,8
	N <sub>105</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	70	35,2	36,7
		80	55,2	56,5
		90	60,7	62,3
	N <sub>145</sub> P <sub>80</sub> K <sub>55</sub>	70	40,6	42,7
		80	63,2	66,4
		90	72,6	71,8

Наибольший индекс доходности инвестиций 1,32 при планировании урожайности плодов огурца 30 т/га обеспечивается внесением минеральных удобрений дозой N<sub>65</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub> и поддержанием уровня предполивной влажности почвы 80% НВ. Чистый дисконтированный доход составил 147810 рублей, срок окупаемости проекта около 3 лет.

Сочетание уровня минерального питания N<sub>65</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub> с поддержанием постоянного порога предполивной влажности почвы 90% НВ на участках обычной вспашки обеспечило формирование 36 т/га плодов огурца. Это на 3,8 т/га плодов огурца меньше в сравнении с аналогичными показателями на участках



опыта, где проводилась обычная вспашка и полосное внесение соломы. Индекс доходности инвестиций при таком сочетании факторов снижался до 1,26, а чистый дисконтированный доход за два года составил 127346 рублей.

Получение 50 т/га стандартных плодов огурца связано с необходимостью поддержания порога предполивной влажности почвы на уровне 80 или 90% НВ в сочетании с внесением  $N_{105}P_{60}K_{40}$  на участке проведения обычной вспашки или 80% НВ в сочетании с внесением  $N_{105}P_{60}K_{40}$  при обычной вспашке и полосном внесении соломы. Накопленный отток реальных денег при таких сочетаниях факторов возрастает до 189730 – 192500 рублей.

Наибольший размер чистого дисконтированного дохода при урожайности 70 т/га (687424 руб.) обеспечивается при внесении минеральных удобрений дозой  $N_{145}P_{80}K_{55}$  и поддержании предполивного порога влажности почвы на уровне 90% НВ. Индекс доходности инвестиций составляет 2,31 при сроке окупаемости не более 2 лет.

Таким образом, почвенно-климатические условия Нижнего Поволжья позволяют при использовании капельного орошения на посевах огурца формировать до 70 т/га стандартных плодов.

УДК 631.6.2.15

## **МОДЕЛЬ ПРОГНОЗА ПЛАНИРОВАНИЯ И ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛИВАМИ В МЕЛИОРИРОВАННЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ**

**В.И. Ольгаренко, И.В. Ольгаренко**  
ФГОУ ВПО «НГМА», Новочеркасск, Россия

Мелиоративная деятельность основывается на законах природы, обеспечивая возбуждение и поддержание необходимых природно-мелиоративных процессов, позволяющих интенсифицировать биологический круговорот воды и минеральных веществ с целью увеличения урожайности сельскохозяйственных культур.

Новая концепция экологических мелиорации особенно обращает внимание на то, чтобы антропогенное вмешательство не выходило за рамки экологически допустимых отклонений от природных ритмов развития. Для решения этой проблемы необходимо регулирование водного, воздушного, теплового и пищевого режимов почв, не допускающие перехода питательных веществ с водными потоками из биологического в геологический круговорот [1,4].

Повышение точности управления технологическими процессами в большой степени зависят от качества, точности, полноты, объективности и оперативности получения, обработки и реализации необходимой информации [3,5]. С этой целью разработан перечень и дана классификация информации, необходимой для

обеспечения оперативного планирования и управления процессом орошения, включающая информационно-справочную, сезонную и оперативную информацию.

Поэтому, для эффективного использования орошаемых агроландшафтов, уменьшение опасности деградации окружающей среды необходима разработка экологически безопасных технологий управления водным режимом посевов, как составной части систем земледелия, адаптированных к агроэкологическим условиям мелиорированных агроландшафтов. Сложность решения этой задачи обуславливается большим количеством тесно взаимосвязанных процессов, формирующих водный и пищевой режим почвы [2].

С целью совершенствования процесса планирования и управления орошением предложена модель прогноза, состоящая из двух основополагающих блоков: блок управления информационной базой (БУИБ) и блок пространственно-временной оптимизации (БПВО). Блок управления состоит из блоков прогнозирования режимов орошения, оптимизации режимов орошения при дефиците ресурсов. Блок пространственно-временной оптимизации состоит из блока информации, формирования и передачи управляющих решений и воздействий, корректировки и оценке ошибок с учётом вероятностного характера гидрометеорологических факторов. Основные блоки связаны между собой блоки формирования обратной связи и согласования технических операций (рис.1).

Уровень развития компьютерной техники даёт возможность учесть большинство определяющих факторов и процессов при разработке комплексных и математических моделей для управления водным и пищевым режимами посевов. На данный момент существует значительное количество моделей для управления водным и пищевым режимами, но ни одна модель не может быть использована для процесса управления без оценки её соответствия естественным процессам, протекающим на полях, оценки информативности и устойчивости её параметров.

Проведенными многолетними исследованиями на оросительных системах установлен ряд региональных зависимостей, уточняющих параметры моделей по расчёту отдельных элементов уравнения водного баланса орошаемого поля. Так, усовершенствованы модели планирования и реализации суммарного водопотребления и режимов орошения сельскохозяйственных культур, что значительно увеличило точность расчётов этих величин и позволило реализовать ресурсосберегающие технологии при орошении (рис. 2).

На основе разработанного алгоритма с применением уточненных параметров были проведены расчеты дифференцированных проектных и эксплуатационных режимов орошения для характерных лет по тепловлагообеспеченности вегетационного периода в условиях полузасушливой степной зоны Ростовской области.

При достаточных ресурсах дифференцированные режимы орошения должны обеспечивать регулирование запаса влаги в почве в пределах оптимального

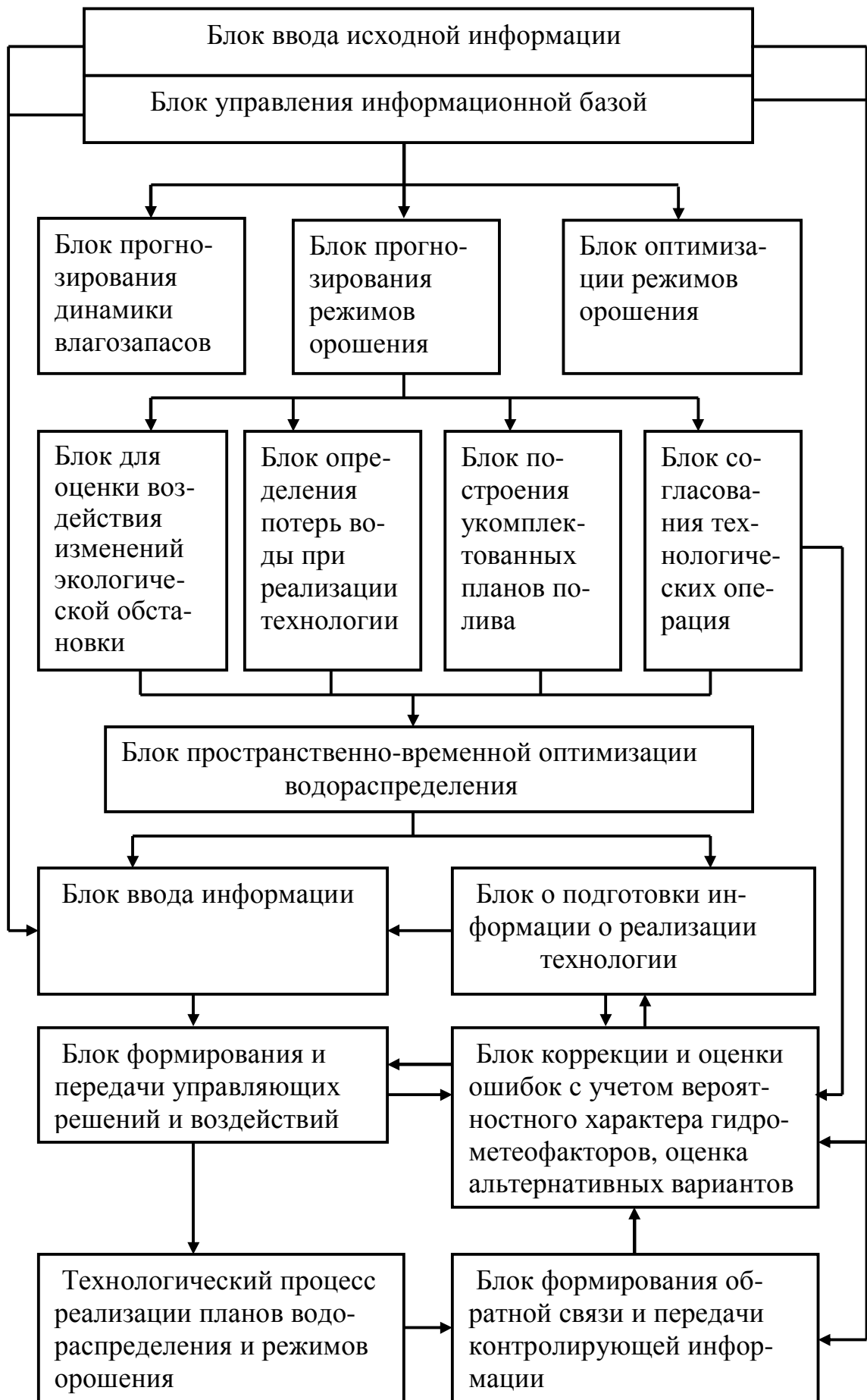


Рисунок 1 – Модель прогноза планирования и оперативного управления поливами

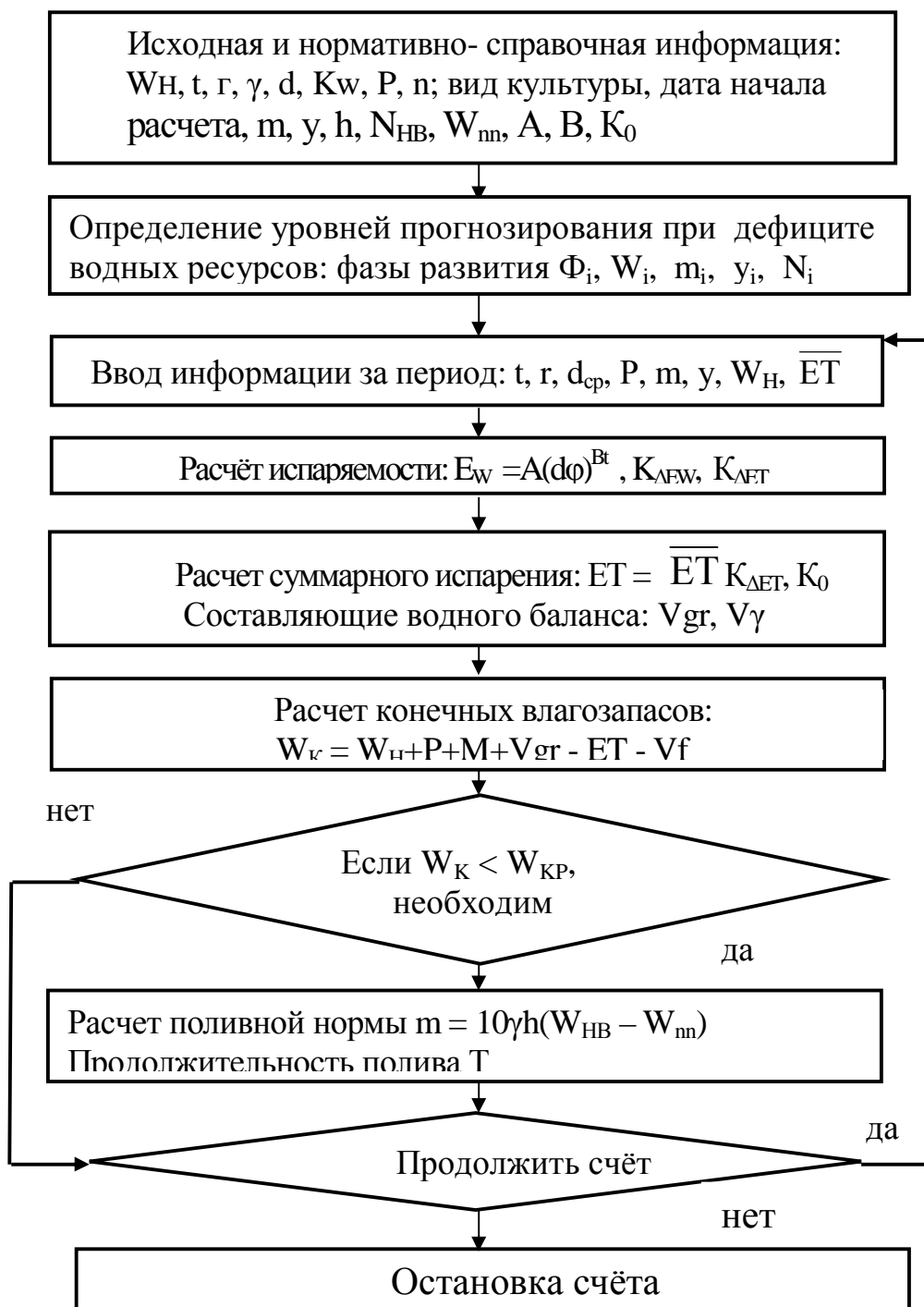


Рисунок 2 – Алгоритм оперативного планирования поливов

$W_n, W_k$  - влагозапасы почвы на начало и конец расчётного периода, мм;  $t$  - среднесуточная температура воздуха, °С;  $\gamma$  - относительная влажность воздуха, %;  $K_E$  - биоклиматические коэффициенты (уточненные авторами);  $K_0$  - микроклиматический коэффициент;  $K_w$  - коэффициент, учитывающий влияние влажности почвы (уточненные авторами);  $P$  - осадки, мм;  $V_{gr}$  - подпитка грунтовыми водами (по С.И. Харченко);  $V_f$  - инфильтрация;  $m$  - поливная норма;  $\gamma$  - плотность почвы, т/м<sup>3</sup>;  $W_{нв}, W_{пп}$  - влагозапасы при влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости и критической влажности;  $n$  - расчетный период, дней;  $ET$  - суммарное испарение, мм;  $E_w$  - испаряемость, мм;  $i$  - изменение параметров от  $\max$  до  $\min$ ;  $N_i$  - число поливов;  $K_{\Delta ET} = ET / \overline{ET}$ ;  $E_w$ ; - среднемноголетние величины

диапазона, обеспечивающего максимальную в конкретных природных и агротехнических условиях отдачу орошения, минимизацию потерь воды.

При дефиците водных, энергетических, материально-технических ресурсов оптимальное управление орошением должно обеспечивать реализацию таких норм и сроков поливов, при которых достигается наиболее выгодное распределение фактически имеющихся ресурсов между конкурирующими полями в севообороте, ориентированное на получение максимального эффекта от вынужденного снижения оросительных норм.

Чтобы избежать чрезмерного накопления ошибки, рекомендуется периодически корректировать величину  $ET_c$ ,  $W$  путем ее сравнения с фактическими данными измерения на обслуживаемом поле. Такие измерения целесообразно проводить 1-2 раза за вегетацию.

Необходимые для расчета испаряемости данные по температуре и влажности воздуха считаются репрезентативными для полей, удаленных от метеостанции, если разница в значениях для поля и метеостанции не превышает соответственно  $\pm 1,5^\circ$  и  $\pm 3,0$  мб. За начало вегетационного периода принимается дата перехода среднесуточных температур воздуха через  $+5^\circ\text{C}$ .

Главным фактором, определяющим соответствие методики расчета условиям ее применения, является степень точности оценки суммарного испарения и динамики влагозапасов.

При расчетах, в производственных условиях, наблюдается значительный разброс значений, что может приводить к ошибкам в 15...30 %. Для проверки точности была произведена сравнительная оценка методов расчета суммарного испарения по формулам В.П. Остапчика и С.И. Харченко с полученными экспериментальными зависимостями.

### Литература

1. Кружилин, И.П. Ландшафтный метод к освоению орошаемых земель в засушливой зоне [Текст]// Сборник «Ландшафтный подход к мелиорации и вопросам землеустройства». М.: РАСХН-ВНИИМЗ, 1994.-С.34-35.

2. Ольгаренко, В.И. Эксплуатационные режимы орошения агроценозов Нижне-Донской провинции степной зоне [Текст]// В.И. Ольгаренко, А.В. Колганов, Г.В. Ольгаренко. М.-ГУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2001.-149с.

3. Остапчик, В.П. Информационно-советующая система управления орошением [Текст]// В.П. Остапчик, В.А. Костромин, А.М. Коваль и др. Киев, «Урожай».-1989.-247с.

4. Парфёнова, Н.И. Научные основы регулирования водно-солевого режима орошаемых земель [Текст]// Н.И. Парфёнова, Н.М. Решёткина. Вестник сельскохозяйственных наук, №2.-1992.-с.43-45.

5. Шумаков, Б.Б. Комплексная мелиорация земель в ландшафтном земледелии [Текст]//Ландшафтный подход в мелиорации и вопросы землеустройства. Материалы семинара-совещания 2-3 июня 1993,- Тверь, ВНИИМЗ.-С.8-9.

## **НОРМИРОВАНИЕ ОРОШЕНИЯ АГРОЦЕНОЗОВ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

**Г.В. Ольгаренко**

ФГНУ ВНИИ “Радуга”, Коломна, Россия

Орошение в степной и сухостепной зонах позволяет в 2-3 раза увеличить продуктивность агроценозов, но одновременно с положительным эффектом, в зоне действия гидромелиоративных систем отмечается ухудшение экологической обстановки. Развитие таких негативных процессов как подъем уровня грунтовых вод, вторичное засоление и осолонцевание почв, водная эрозия, загрязнение природных вод происходит из-за недостаточно высокого технического уровня оросительных систем и низкого качества управления орошением и водопользованием. Особенно следует подчеркнуть, что даже при самом высоком техническом уровне оросительных систем неэффективное управление орошением приводит к значительным потерям воды на сток и инфильтрацию, нерациональному расходованию энергетических, материально-технических ресурсов и ухудшению экологической обстановки. По данным МКИД потери воды и удельное водопотребление могут быть снижены за счет совершенствования технического уровня оросительных систем на 40 %, а за счет повышения эффективности управления орошением на 60 %.

Поэтому, приоритетными задачами в области гидромелиорации являются повышение эффективности управления орошением на основе совершенствования компьютерных информационно-советующих систем, разработка и применение водознергесберегающих, почвоохранных технологий и техники орошения.

Управление процессом водораспределения на гидромелиоративных системах сопряжено со значительными трудностями, так как потребность в воде изменяется во времени и зависит от большого числа стохастических факторов. При оценке альтернативных вариантов необходимо учитывать физическую и физиологическую природу водопотребления сельскохозяйственных культур с учетом пространственно-временной изменчивости почвенно-климатических условий, технические, экономические, социальные и экологические аспекты орошения.

В мировой практике функционирует множество разнообразных информационных систем и моделей, реализуемое качество управления которых зависит как от уровня обеспеченности потребителей средствами связи, вычислительной техникой, так и от точности применяемых расчетных зависимостей информационного обеспечения.

Модели для оперативного управления поливами описывают процессы формирования урожайности сельскохозяйственных культур в заданных диапазонах почвенно-климатических, организационно-хозяйственных условий и влагообеспеченности. Можно смоделировать формирование и динамику оптимального для растений режима орошения взаимосвязи почвенных, метеорологических параметров, физиологических показателей роста биомассы растений при различной влагообеспеченности и заданных агротехнических условиях (рис. 1).

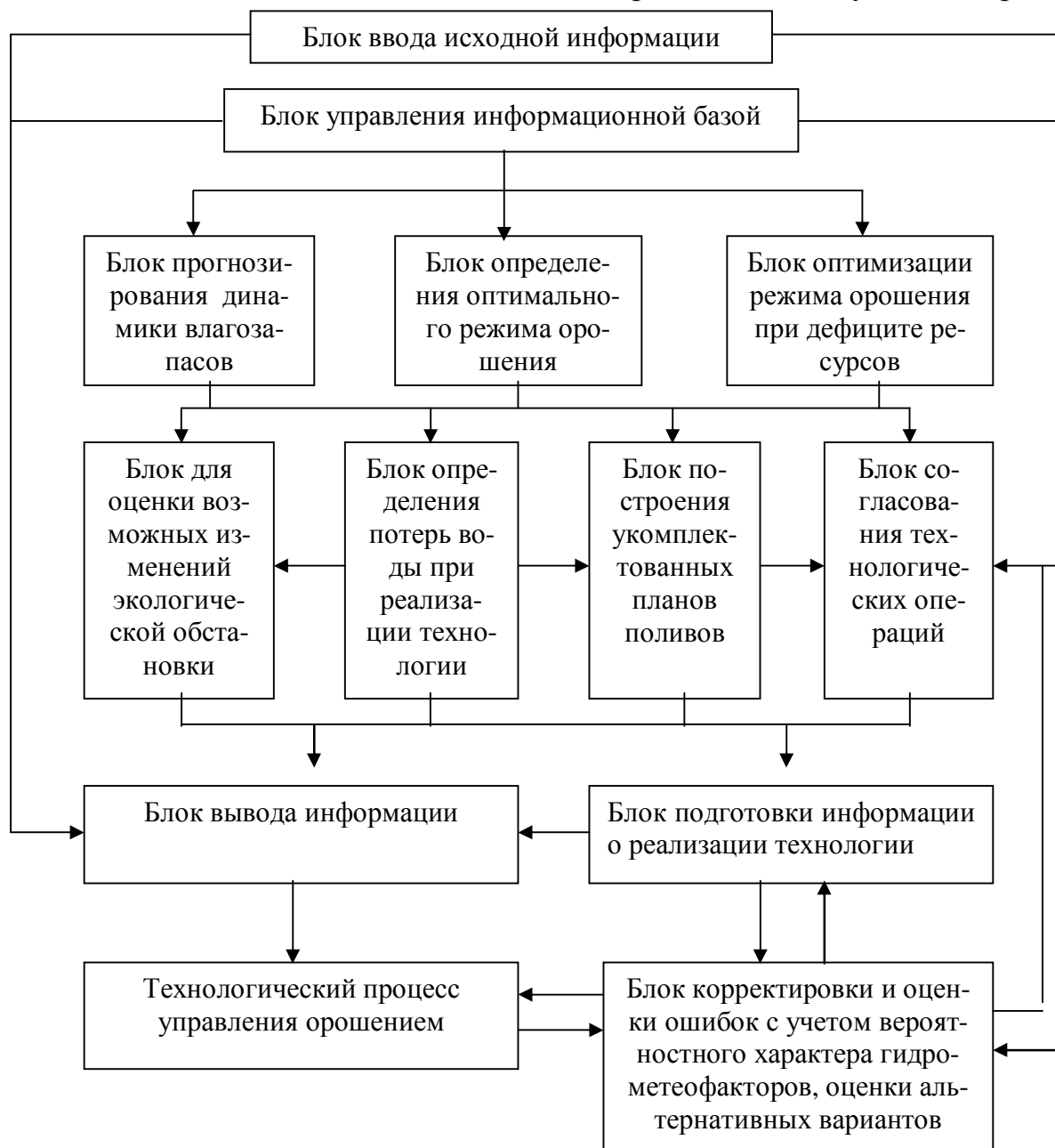


Рисунок 1 - Структурная схема модели управления орошением

Планирование режима орошения сводится к решению уравнения водного баланса и определению почвенных влагозапасов орошаемого участка на начало и конец расчетного периода. Если инструментальное определение количества осадков, метеорологических показателей вполне доступно, то инструменталь-

ное определение влажности почвы не может обеспечить объема информации, необходимого для массовой корректировки поливных режимов и объема водоподдачи. Поэтому изменение влагозапасов определяют по уравнению водного баланса с расчетом суммарного испарения (эвапотранспирации) на основе эмпирических моделей. Ошибки при расчете эвапотранспирации в значительной степени влияют на точность определения влагообеспеченности посевов, а следовательно, и на точность нормирования орошения.

Так как полностью учесть совокупность всех внешних факторов невозможно, используются упрощенные методы расчета, включающие главные из них, воздействующие на испарение и поддающиеся измерению и учету (табл. 1).

Таблица 1 - Парные коэффициенты корреляции суммарного испарения, оросительных норм и урожайности с основными метеорологическими факторами

Показатели	$E_w$	$t$	$d$	$P$	$E_w-P$	$ET$	$M_{op}$	$Y$
Испаряемость ( $E_w$ )	1	0,94	0,96	-0,84	0,85	0,96	0,72	0,75
Температура воздуха ( $t$ )	00,94	1	0,82	-0,85	0,93	0,75	0,60	0,08
Дефицит влажности воздуха ( $d$ )	00,96	0,82	1	-0,76	0,91	0,88	0,75	0,15
Осадки ( $P$ )	-0,84	-0,85	-0,76	1	-0,95	0,18	0,69	0,10
Дефицит естественного увлажнения ( $E_w-P$ )	00,85	0,93	0,91	-0,95	1	0,85	0,98	0,62
Суммарное испарение ( $ET$ )	00,96	0,75	0,88	-0,80	0,85	1	0,80	0,86
Оросительная норма ( $M$ )	0,75	0,60	0,70	0,69	0,98	0,80	1	0,53
Стандартные отклонения ( $\sigma$ )	84,9	180,2	179	58,5	98,6	78,0	114	7,6

Для оценки условий тепловлагообеспеченности может быть использована такая комплексная характеристика как испаряемость, величина осадков и дефицит естественного увлажнения, которые характеризуются наибольшей теснотой связи с суммарным испарением, величиной оросительных норм и урожайностью. Наибольшая теснота связи, характеризуемая коэффициентом корреляции 0,96, отмечена у суммарного испарения с испаряемостью, выступающей как комплексная характеристика гидрометеорологических условий.

Различные коэффициенты корреляции и уровень изменчивости этих характеристик указывают на отсутствие прямопропорциональной зависимости между ними, позволяют сделать вывод о том, что наиболее точная количественная оценка влияния гидрометеорологических условий на рост и развитие растений, суммарное испарение посевов может быть получена с использованием нелинейных математических зависимостей.



Главные требования, предъявляемые к моделям, – это то, что они должны достаточно точно отражать изменение водного режима посевов. В качестве параметров должны выступать величины, которые можно получить в массовых наблюдениях воднобалансовых и агрометеорологических станций, и простота их реализации. Этим требованиям отвечают методы, в которых отражается связь внешних гидрометеорологических условий с биологическими ритмами развития растений.

Анализ работ ряда авторов (Алпатыев А.М., Выхованко С.В., Евтушенко Э.Г., Добрачев Ю.П., Константинов А.Р., Местечкин В.Б., Остапчик В.П., Харченко С.И., Химин Н.М., Циприс Д.Б., Черемисинов А.Ю., Яковлев С.А. и др.) и исследования автора позволяют утверждать, что ни одна из предложенных моделей не является универсальной, пригодной для любых почвенно-климатических условий.

Очевидно, что одной из причин снижения качества информационного обеспечения технологий управления орошением, повышающей опасность принятия неоптимальных управленческих решений, является изменчивость параметров моделей (биоклиматических коэффициентов) отражающих связь внешних условий с биологическими характеристиками растений и суммарным испарением.

В работах Алексеева В.И., Данильченко Н.В., Константинова А.Р., Струникова Е.В., Химины Н.В., Циприса Д.Б., Черемисинова А.Ю. указываются следующие причины изменчивости: отличие погодных условий конкретного года от “средних” за период исследований; различный уровень влагообеспеченности в одни и те же фазы развития растений; использование в моделях прямолинейной связи между  $ET$  и  $E_0$ , некорректная постановка экспериментов, нерепрезентативность данных метеостанций.

Исследования, проведенные вышеперечисленными авторами, позволяют снизить или устранить влияние этих факторов, заметно улучшить условия применения моделей для определения суммарного испарения.

В основном совершенствование эмпирических моделей сходится к повышению достоверности исходной информации, получению региональных коэффициентов, оценке их изменчивости от тепловлагообеспеченности расчетного периода. Наиболее существенно повышает точность моделей учет влияния водного стресса на урожайность сельскохозяйственных культур с учетом депрессии испарения за счет увеличения водного стресса.

Но здесь, по мнению автора, не учитывается еще ряд факторов изменчивости. Первые это то, что при постановке экспериментов не соблюдается фактор “единственного различия”.

Для получения коэффициентов используют данные, полученные в разные годы, объединяя их для отдельных расчетных периодов (например, для одной фазы развития культуры, но в разные годы исследований). Но дело в том, что

даже при соответствии “средних” климатических характеристик разных лет, изменчивость их в каждый конкретный год значительно различается (например, при одинаковых среднесуточных температурах максимальные и минимальные отклонения могут существенно различаться).

Даже при сходных средних агрометеорологических показателях в разные годы, месяцы, декады их режим распределения может быть различным внутри расчетного периода, что сказывается на росте и развитии растений, а, следовательно, и суммарном испарении. При экспериментальном определении параметров моделей этот фактор необходимо учитывать. Существующие стандартные методики не дают возможность количественно оценить влияние этого фактора изменчивости.

Предложена новая методика, позволяющая получить количественные показатели изменчивости параметров моделей (а.с. № 1743479).

При организации опытного участка его делят на два блока. На одной части организуют проведение исследований по стандартным методикам, а на другой части проводят посев сельскохозяйственных культур со сдвигом во времени, что позволяет получить разные фазы развития растений на едином метеорологическом фоне (при одинаковом режиме распределения метеофакторов внутри периода), при одинаковой изменчивости факторов внешней среды. Для реализации этой методики разработан прибор (а.с. №1685314) для определения величины испарения с водной поверхности за короткие промежутки времени и оценки ее внутрисуточного режима, что не позволяли выполнить существующие испарители (ГГИ-3000 и испаритель класса А).

Величины инфильтрации влагообмена в зоне аэрации изменчивы как во времени, так и в пространстве. Главными причинами изменчивости являются изменчивость влагонасыщения зоны аэрации и гидрометеорологических условий. Наиболее высокая точность расчетов возможна лишь тогда, когда условия тепловлагообеспеченности вегетационного периода соответствуют тем, при которых получены аналитические зависимости и их параметры. Следовательно, необходимо получение серии математических уравнений и графиков, описывающих влияние изменения гидрометеорологических и гидрологических факторов на величину инфильтрации и расхода грунтовых вод на испарение. Такие зависимости позволяют достаточно точно, с ошибками, не превышающими 15 %, рассчитывать величины влагообмена в зоне аэрации при многообразном сочетании условий и теплообеспеченности вегетационного периода.

Анализ научно-технических материалов [Будыко М.И., Константинов А.Р., Остапчик В.П., Харченко С.В., Химин Н.М. и др.] указывает на реальную возможность повышения точности расчетов по моделям за счет учета количественной изменчивости биоклиматических коэффициентов в зависимости от метеорологических условий и влагообеспеченности посевов в конкретные фазы развития растений.

Достоинством методов является возможность оценки влияния влагообеспеченности посевов на соотношение суммарного испарения и испаряемости, но испарение принимается одинаково пропорциональным влагозапасам почвы во все фазы развития растений, что не верно с точки зрения физиологии растений, так как прямая пропорциональность между влагозапасами и водопотреблением часто нарушается в природе. На различных этапах онтогенеза избыток или недостаток влаги по-разному сказывается на приросте биомассы и интенсивности испарения сельскохозяйственных культур. В данных формулах присутствуют эмпирические коэффициенты, неучет изменчивости которых под влиянием изменчивости условий влагообеспеченности может приводить к существенным ошибкам. Ограничивает их применение локальный характер формул для расчета испарения и испаряемости, а также ненадежность учета с помощью коэффициентов культур (биоклиматических коэффициентов), биологических особенностей водопотребления растений в разные фазы развития при различной влагообеспеченности.

Для конкретных почвенно-климатических условий необходимо получение закономерностей изменчивости параметров (биоклиматических коэффициентов), расчетных методов с учетом вероятностного характера агрометеорологических условий, влагообеспеченности посевов и биологических особенностей сельскохозяйственных культур на разных этапах онтогенеза.

Из всего вышеизложенного можно сделать следующие выводы: универсального метода расчета суммарного испарения, одинаково пригодного для различных почвенно-климатических условий и природных зон, не существует; для конкретных почвенно-климатических условий необходимо уточнение эмпирических параметров, коэффициентов культур (биоклиматических коэффициентов), используемых в расчетных методах с учетом пространственно-временной изменчивости агрометеорологической обстановки и влагообеспеченности посевов, биологических особенностей конкретных культур.

В целях получения достоверного эмпирического материала, необходимого для повышения качества информационного обеспечения процесса планирования орошения, точности расчетов суммарного испарения, корректировки режимов водоподачи, требуется проведение комплексных воднобалансовых и агрометеорологических исследований системы почва – растение – атмосфера, количественная оценка влияния энергетических факторов, изменчивости гидрометеорологических условий, водообмена в зоне аэрации влажности почвы на суммарное испарение и урожайность сельскохозяйственных культур, параметры моделей.

Реализация данных направлений совершенствования моделей для нормирования орошения повысит точность расчетов суммарного испарения, динамики влагозапасов, оперативного планирования поливов, а следовательно и эффективность управления использованием водных ресурсов. В итоге снизятся

потери оросительной воды на инфильтрацию и сток, интенсивность развития ирригационной эрозии, что уменьшит опасность ухудшения экологической обстановки на орошаемых землях и обеспечит высокую экономическую эффективность орошения.

УДК 626.820

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ ПОТРЕБНОСТИ В ПОЛИВНОЙ ТЕХНИКЕ НА РЕКОНСТРУКЦИЮ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

**Г.В. Ольгаренко, С.М. Давшан**

ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна, Россия

Вовлечение в эксплуатацию ранее мелиоративно освоенных площадей, но по разным причинам в настоящее время не используемых, сводится к восстановлению их функций путем реконструкции, замены отдельных частей, в данном случае, оросительной системы. Поэтому восстановительные работы часто носят реставрационный характер, то есть системы почти точно повторяют предшествующие. В связи с этим возникает необходимость дооснастить ранее построенные оросительные системы соответствующей поливной техникой, либо заменить ее аналогичной, но с улучшенными агротехническими показателями.

В основу рекомендаций положены статистические данные о наличии дождевальных машин, имеющих орошаемых и реконструируемых земель, об изменении структуры парка поливной техники и сезонной нагрузки на машину с учетом сложившихся условий эксплуатации средств механизированного орошения.

Расчеты ведутся отдельно по каждому Федеральному округу и типу машин в соответствии с Федеральной целевой программой "Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006-2010 годы".

Принципиальная схема расчета потребности в поливной технике приведена на рисунке 1. Плановая реконструкция по РФ и округам, заложенная в ФЦП, приводится в таблице 1.

Далее для расчетов требуется знать, какая часть площади, выделенной под реконструкцию, приходится на каждый тип машин пропорционально их количеству в каждом из регионов в расчетном году. Для этого используются данные таблицы 2 (в данном случае по одному из регионов).

Далее потребуются значения сезонной нагрузки, которая различается по регионам и для различного типа дождевальных машин, но остается постоянной в пределах рассматриваемого отрезка времени. Например, для ЦФО средняя се-

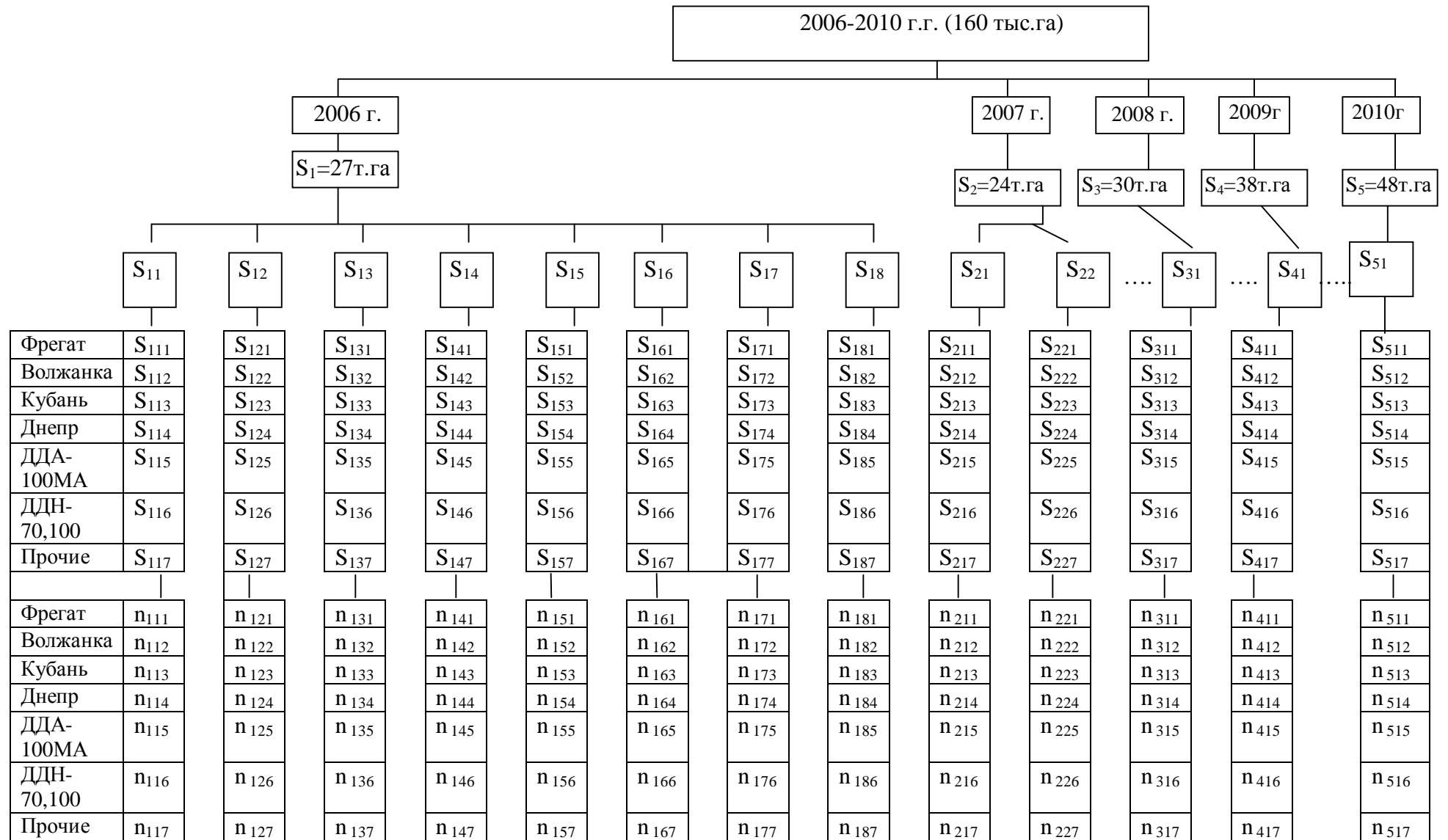


Рисунок 1 - Схема расчета потребности в поливной технике на реконструируемых оросительных системах в 2006-2010 гг.

зонная загрузка для машин типа "Фрегат" (16 тел.) составляет 77,2 га, для "Волжанки" – 74 га и т.д. Российской Федерации.

Таблица 1 - Распределение площадей реконструируемых оросительных систем по РФ (Si) и федеральным округам (Sij)

Регионы	тыс. га					
	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2006-2010 г.
РФ	20,0	24,0	30,0	38,0	48,0	160,0
ЦФО	2,56	3,08	3,84	4,87	6,15	20,5
С-ЗФО	0,16	0,20	0,24	0,31	0,39	1,3
ЮФО	8,71	10,46	13,07	16,55	20,91	69,7
ПФО	4,2	5,0	6,29	7,96	10,05	33,5
УФО	1,22	1,47	1,84	2,33	2,94	9,8
СФО	2,21	2,66	3,32	4,2	5,31	17,7
ДФО	0,94	1,13	1,4	1,78	2,25	7,5

Таблица 2 - Структура парка поливной техники в ЦФО, %

Марка	Годы				
	2006	2007	2008	2009	2010
"Фрегат"	31,1	32,8	32,0	32,0	32,0
"Волжанка"	12,0	10,4	10,0	9,0	8,0
"Кубань"	0,07	-	-	-	-
"Днепр"	2,5	2,2	2,2	2,2	2,0
ДДА-100МА	5,4	5,2	5,4	5,5	5,7
ДДН-70,100	22,7	21,0	21,0	21,0	20,0
Прочая техника	25,5	29,4	30,0	32,0	33,0

В общем виде потребное количество дождевальных машин (n) рассчитывается по формуле:

$$n_{ijk} = \frac{S_{ij} \cdot C_{ijk}}{f_{jk}}, \quad i = 1 \dots 5; \quad j = 1 \dots 8; \quad k = 1 \dots 7,$$

где  $i$  – порядковый номер года;  $j$  – региона;  $k$  – типа дождевальной техники;  $S_{ij}$  – площадь реконструкции в  $i$ -ом году,  $j$  – ом регионе, га;  $C_{ijk}$  – доля площади, занятой под машиной в  $i$ -ом году,  $j$ -ом регионе,  $k$  –го типа дождевальной техники, в долях единицы;  $f_{jk}$  – сезонная загрузка машины в  $j$ -ом регионе,  $k$  –го типа дождевальной техники, га.

При этом индекс  $i = 1$  соответствует 2006 году, 2 – 2007, 3 – 2008, 4 – 2009, 5 – 2010 году.

Индекс  $j = 1$  соответствует ЦФО, 2 – С-ЗФО, 3 – ЮФО, 4 – ПФО, 5 – УФО, 6 – СФО, 7 – ДФО, 8 – РФ.

Индекс  $k=1$  соответствует дождевальной машине типа "Фрегат", 2 – "Волжанка", 3 – "Кубань", 4 – "Днепр", 5 – ДДА-100МА, 6 – ДДН-70(100), 7 -прочая техника.

Если, например, в 2007 году (i=2) в Центральном Федеральном округе (j=1) площадь под реконструкцию составляет  $S_{ij}=3080$  га (табл.1), то под дождевальную машину типа "Фрегат" (k=1) при долевом соотношении площадей  $c_{ijk}=0,328$  (табл.2) и сезонной загрузке этой машины  $f_{jk}=77,2$  га количество машин типа "Фрегат" потребуется:

$$n_{211} = \frac{S_{21} \cdot C_{211}}{f_{11}} = \frac{3080 \cdot 0,3285}{77,2} = 13,1 \approx 13 \text{шт.}$$

Результаты расчетов при всех возможных сочетаниях входящих величин приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Количество дождевальной техники, потребное на реконструкцию оросительных систем по РФ и регионам в 2006-2010 г.г.

Тип дождевальной техники	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Итого
<b>ЦФО</b>						
Фрегат	10	13	16	20	26	85
Волжанка	5	5	5	6	8	29
Кубань	0	0	0	0	0	0
Днепр	1	0	1	1	1	4
ДДА-100МА	1	1	2	2	3	9
ДДН-70, 100	7	8	10	12	15	52
Прочая техника	54	75	98	130	170	527
Всего	78	102	132	171	223	706
<b>С-ЗФО</b>						
Фрегат	0	0	0	0	0	0
Волжанка	0	0	0	0	0	0
Кубань	0	0	0	0	0	0
Днепр	0	0	0	0	0	0
ДДА-100МА	0	0	0	0	0	0
ДДН-70, 100	0	0	0	0	0	0
Прочая техника	3	4	4	6	7	24
Всего	3	4	4	6	7	24
<b>ЮФО</b>						
Фрегат	55	63	76	100	126	423
Волжанка	9	17	22	29	37	114
Кубань	1	2	3	4	5	15
Днепр	1	2	2	3	3	11
ДДА-100МА	27	30	37	48	61	203
ДДН-70, 100	9	13	16	20	26	84
Прочая техника	5	6	7	9	12	39
Всего	107	133	166	213	270	889

Тип дождеваль- ной техники	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Итого
<b>ПФО</b>						
Фрегат	33	42	53	69	88	285
Волжанка	12	15	18	23	28	96
Кубань	0	0	0	0	0	0
Днепр	0	1	1	1	2	5
ДДА-100МА	2	2	2	3	3	12
ДДН-70, 100	3	2	3	4	5	17
Прочая техника	20	19	25	34	45	143
Всего	70	81	102	134	171	558
<b>УФО</b>						
Фрегат	4	5	6	8	10	33
Волжанка	9	10	13	16	21	69
Кубань	0	0	0	0	0	0
Днепр	0	0	0	0	0	0
ДДА-100МА	1	1	1	1	2	6
ДДН-70, 100	3	2	2	2	3	12
Прочая техника	0	0	0	0	0	0
Всего	17	18	22	27	36	120
<b>СФО</b>						
Фрегат	8	9	11	14	18	60
Волжанка	7	9	12	14	18	60
Кубань	0	0	0	0	0	0
Днепр	1	1	1	1	2	6
ДДА-100МА	1	1	1	1	2	6
ДДН-70, 100	2	3	4	5	6	20
Прочая техника	0	0	0	0	0	0
Всего	19	23	29	35	46	152
<b>РФ</b>						
Фрегат	104	126	159	203	258	850
Волжанка	44	61	75	93	116	389
Кубань	2	2	2	3	4	13
Днепр	4	6	7	9	11	37
ДДА-100МА	27	24	30	38	48	167
ДДН-70, 100	24	24	30	38	48	164
Прочая техника	128	180	238	317	420	1283
Всего	333	423	541	701	905	2903

Наибольшее количество техники должно быть направлено за пятилетний период в Южный регион (889 шт.), Центральный (706 шт.) и Поволжский регион (558 шт.). Всего по РФ эта цифра составляет 2903 единицы. Наибольший



удельный вес падает на дождевальные машины типа "Фрегат", "Волжанка" и "Прочая техника".

Следует заметить, что на реконструируемых оросительных системах могут применяться, не только серийно выпускаемая техника, но и модернизированная, а также техника нового поколения. Дождевальные машины типа "Фрегат" могут быть переведены на работу при пониженном напоре, возможно их восстановление с одновременной модернизацией дождевого пояса, что улучшает их агротехнические и экологические показатели. Аналогичные изменения претерпели двухконсольные дождевальные агрегаты типа ДДА-100МА и идущие им на смену ДДА-100В. Дождевальные машины "Днепр" должны быть заменены дождевальными машинами "Ладога" российского производства.

Широкое применение должна найти техника для орошения относительно небольших участков, в том числе на неудобьях, принадлежащих крестьянским (фермерским) хозяйствам. Это шланго-барабанные установки, установки карусельного типа, набор дождевальных аппаратов, переносные комплекты и т.п., входящие в разряд "Прочая техника". Разработанные Методические рекомендации позволят осуществить среднесрочный прогноз производства и поставки поливной техники в различные регионы

УДК 631.6

## **ОПЫТ ОСУШЕНИЯ И ОСВОЕНИЯ ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВ**

**В.С. Печенина, Е.В. Носова, Н.В. Айриян**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В зоне избыточного увлажнения на территории средней и южной тайги Российской Федерации одним из наиболее эффективных объектов мелиорации являются торфяные почвы низинных болот. Торфяно-болотные почвы, содержащие более 60% растительных остатков, обладают высоким потенциальным плодородием.

Для использования этих почв необходимо применение осушительных мелиораций. В то же время в силу специфических водно-физических и механических свойств строительство дренажа на торфяниках представляется достаточно сложным, что связано с осадкой торфа, трудностями регулирования УГВ, заохриванием и т.д. Срок службы дренажа на торфяниках по этим причинам ниже, чем на минеральных почвах. Для торфяников всегда возникает дилемма: для их сохранения требуется поддержание высокого уровня грунтовых вод, а для возделывания культур УГВ необходимо снижать. Отсюда возникают трудности установления оптимальных норм осушения. В настоящее время среди осушаемых угодий торфяно-болотные почвы в России занимают 30%.

Отличительной особенностью торфяников низинных болот является их

чрезвычайно высокая порозность (80-95%) и влагоёмкость (300-800% и более от сухой массы). Они рыхлые (плотность 1,4-1,8 г/см<sup>3</sup>), легкие (плотность 0,1-0,3 г/см<sup>3</sup>), обладают низкой высотой капиллярного поднятия (0,55-0,75 см) и др.

При высокой степени разложения торфа водопроницаемость его слабая, при малой степени разложения водопроницаемость высокая.

Зимние температуры торфяников немного выше, но зато летние на 3-6°С ниже, чем минеральных, они обладают большой теплоемкостью и способностью к усиленному поглощению тепловых лучей (на 15% выше, чем глинистых почв), но очень низкой теплопроводностью – в 1,7 раза меньше, чем у песка и глины.

Осушенные болота промерзают на 0,5 м больше, а весной оттаивают на 15...20 сут позже, чем минеральные, в результате медленного оттаивания в понижениях и западинах застаиваются талые воды, это приводит нередко к гибели озимых зерновых и многолетних трав, переувлажненные западины сдерживают весенний сев ранних зерновых.

Способы мелиорации органогенных почв, их освоение и охрана тесно связаны с их генезисом и теми изменениями, которые обусловлены влиянием земледельческой культуры. В естественных условиях торфяные почвы способны к постоянному росту за счет накопления органической массы растений-торфообразователей в поверхностном горизонте. В средней и южной тайге европейской части России темпы их роста составляют около 1-2 мм/год. После осушения прекращается жизнедеятельность растений-торфообразователей, происходит осадка торфа и его консолидация (уплотнение) в результате удаления гравитационной воды. Наступает процесс активного биохимического разложения органогенной массы до углекислоты, воды и нитратов. Биохимическая сработка торфа приобретает направленный характер. Ее темпы обусловлены тремя факторами: климатическими условиями региона, глубиной залегания грунтовых вод, характером сельскохозяйственного использования органогенных почв.

В условиях южной тайги и лесостепи европейской территории особенно опасным оказывается применение самотечного осушения и использование дренированных торфяных почв для размещения пропашных культур. В этом случае разложение торфа протекает весьма интенсивно – до 2-3 см/год.

При длительном сроке (40-50 лет) эксплуатации метровая толща торфа в средней полосе все-таки может исчезнуть при неправильном регулировании водного режима.

В результате глубокого осушения, основанного на принципе отрыва капиллярной каймы от основания торфяной залежи, в южнотаежной подзоне и лесостепной зоне на осушенных болотных массивах происходили ускоренная сработка торфа, пожары, бесполезная для растений потеря огромных масс азота, эвтрофирование нитратами грунтовых вод, необратимая коагуляция органи-

ческих коллоидов и, как следствие, частичная или полная потеря плодородия торфяных почв. Опасность заключалась и в том, что деграционные явления затрагивали в целом весь агроландшафт.

Удаление воды при осушении вызывает уплотнение торфяной залежи, уменьшение ее порозности и т.п. Так, по данным ВНИИГиМ, полевая влагоемкость уменьшается на 22-31%, плотность увеличивается на 8-19%. Высокий коэффициент фильтрации до осушения, в среднем составляющий 0,2-2,0 м/сут, в процессе осушения из-за уплотнения может уменьшиться в 2-3 и более раза. Кроме того, торфяники часто неоднородны по глубине и у подошвы залежи могут быть сильно заилены и малопроницаемы. Уплотнение и минерализация торфа в процессе осушения уменьшают глубину каналов и заложения дрен, изменяют уклоны дренажных линий и т.д. Уплотнение торфа происходит по профилю неравномерно по величине и во времени. Больше всего оно происходит в строительный период, а также в первый год осушения и составляло от 10 до 15 см и более, а на 4-й год снижалось до 3-4 см.

В процессе использования дренированных торфяников осадка торфа продолжается за счет окисления и биохимического разложения органического вещества, но в значительно меньших размерах (1-2,5 см/год).

В связи со сработкой торфа в результате хозяйственной деятельности необходимо увеличение торфяного слоя на осушенных мелкозалежных болотах. Ускоренная сработка торфяной залежи появляется с началом припахивания песчаного подстилающего грунта. Очевидно, в почве тогда начинает преобладать аэробный процесс, ведущий к быстрой минерализации органической части почвы.

Подстиление слоя торфа песком, а не глинистыми грунтами – явление распространенное, в частности в Белорусском и Украинском Полесьях.

При возделывании пропашных культур убыль органического вещества весьма существенна по сравнению с убылью под травами. Увеличение мощности торфяного слоя может произойти, если временно возратить на части осушенной территории состояние, при котором быстро идет прирост гидрофильной растительности, т.е. организовать затопленные площадки (Минаев И.В.). Необходимо стимулировать рост растительности внесением удобрений, созданием тонкого слоя воды для лучшего его прогревания, внесением стимуляторов для быстрого разложения накапливающейся массы и т.д. Часть осушенной площади выключается из сельскохозяйственного оборота и по типу рисовых чеков затапливается. В течение 5-6 лет идет прирост объема биомассы, которая ранее была израсходована за 20-25 лет. Через 5 лет участок с увеличенной биомассой включается в сельскохозяйственное использование, а следующая часть площади идет под биологический ремонт. Торф естественных болот – это сложное органическое образование с различными свойствами в зависимости от степени его разложения. Искусственно выращенная биомасса – это только суб-

страт, предназначенный для создания почвы из прежнего остаточного слоя торфа и внесенных минеральных удобрений, а в некоторых случаях и минеральных добавок.

Благодаря ротационному использованию осушенных болотных массивов почва будет представлена как возобновимый естественный ресурс.

Наукой и практикой установлено, что оптимальный водно-воздушный режим пахотного слоя торфяной залежи создается при влажности почвы для зерновых культур 50-80%, для овощных культур 60-75, для корнеплодов 55-75, для трав - 65-80% от полной влагоемкости.

В Центральном и Северо-западном районе Нечерноземной зоны РФ норма осушения для зерновых культур составляет в среднем 80-110 см, для овощных культур - 100-130 см и 65-70 см - для многолетних трав.

Долговечность торфяно-болотных почв в значительной степени зависит от нормы осушения. Так, долговечность торфяных почв при норме осушения 0,5 м составила 176 лет, а при норме осушения 1,2 м – 82 года (Алексеенко С.Н.).

Оказывает влияние на долговечность торфяных почв и коэффициент плотности, с его увеличением долговечность торфа уменьшается. Долговечность торфяно-болотных почв в зависимости от нормы осушения и коэффициента плотности приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Долговечность торфяно-болотных почв в зависимости от нормы осушения и коэффициента плотности

Норма осушения, м	Коэффициент плотности (А)			
	1,6	1,8	2,0	2,2
0,5	176,1	146,3	124,9	108,7
0,8	119,8	98,9	83,9	72,6
1,0	97,9	80,5	68,0	58,6
1,2	82,2	67,3	56,6	48,5

Основным способом осушения торфяников в настоящее время в России, Белоруссии, Украине является закрытый дренаж. Открытая сеть каналов, безусловно, усложняет проведение сельскохозяйственных работ, поэтому она применяется в основном для осушения сенокосов и как временная - для предварительного осушения болот с близким залеганием УГВ. Затем, на этих участках через 1-5 лет в зависимости от условий после основной осадки торфяника, закладывают постоянный закрытый дренаж. Открытую сеть строят также в тех случаях, когда закладка труб нецелесообразна из-за высокого (более 10-14 мг/л) содержания закисного железа, так как в этом случае трубчатый дренаж чрезвычайно быстро выходит из строя из-за заохривания. Расстояние между каналами составляет 60-100 м, реже 150 м, в зависимости от водопроницаемости.

Для предварительного осушения мощных торфяников, подстилаемых с глубины 1,5-2,5 м хорошо фильтрующими грунтами, применяют сеть глубоких редких каналов. Каналы располагают поперек потока грунтовых вод, и их дно заглубляют на 20-50 см в водопроницаемый грунт.

Закрытый дренаж на торфяниках строят как из гончарных трубок, так и пластмассовых. Глубину заложения дрен принимают из расчета нормы осушения с учетом осадки и сработки торфа. Обычно в среднем она составляет 1,0-1,3 м. Меньшие значения принимают для осушения лугов, большие - в полевых севооборотах.

На мелкозалежных торфяниках гончарный или пластмассовый дренаж укладывают в подстилаемых минеральных грунтах. На мощных торфяниках после предварительного осушения открытыми каналами гончарный дренаж часто укладывают на стеллажи. Пластмассовый дренаж из труб ПВХ или ПВП укладывают в торфяниках при содержании растворенного закисного железа не более 5 мг/л. При большем содержании закисного железа применяют гончарный дренаж, так как он меньше заохривается. Укладку дрен осуществляют траншейным способом. Строительство пластмассового дренажа бестраншейным способом рекомендуется на торфяниках с  $K_{\phi} > 0,3$  м/сут.

Для усиления осушительного эффекта трубчатого дренажа на беспнистых болотах при степени разложения торфа менее 60% и мощности торфяной залежи более 0,8-1,0 м прокладывают кротовый дренаж. Средняя глубина заложения кротовых дрен 0,8-1,0 м, минимальная 0,6-0,7. Наибольший срок службы отмечается на слаборазложившихся торфах.

Техническую возможность применения материального дренажа определяет уклон поверхности осушаемого болота. Во многих случаях уклоны могут быть менее 0,0001...0,0002, тогда при соблюдении норм сопряжения закрытых коллекторов с открытыми каналами (водоприемниками закрытых систем) глубина последних составит 2,5...3 м. При такой глубине каналов мелиорируемая площадь будет осушаться неравномерно, что затруднит создание необходимой влажности в корнеобитаемом слое почвы.

Устранить причины, снижающие работоспособность дренажа на торфяных почвах, можно путем применения затопленного устья, безуклонного дренажа, механической откачки.

Итак, в последнее десятилетие в Германии, Норвегии, Великобритании, Канаде и др. странах закрытый дренаж строят в основном из пластмассовых труб ПВХ, ПЭ и др., которые лучше отвечают современным требованиям механизации строительной техники и особенностям укладки дренажа в торфяной почве. В Норвегии с 1983 года закрытый дренаж на торфяниках строят только из пластмассовых труб. В России более широко распространен гончарный дренаж, укладываемый вручную. В Украине, например, его доля в строительстве составляет 80-90%. Для обеспечения высокой надежности и эффективности в

последнее время на таких почвах за рубежом широко применяют комбинированный дренаж, как при новом строительстве, так и для реконструкции систем. В комбинированном дренаже осушающее действие трубчатой сети усиливается сетью кротового, щелевого дренажа. Правильно осуществленные эти мероприятия (оптимальные параметры сети, хорошо фильтрующая засыпка и др.) значительно повышают надежность в достижении нормативов осушения и одновременно удешевляют дренаж. Кроме того, кротовый дренаж в некоторых странах (Германия, Великобритания) считается одним из способов частичного решения проблемы заохривания. В Российской Федерации научно-практические основы комбинированного дренажа также разработаны. Однако в производстве он не получил широкого распространения.

Высокая эффективность освоения низинных торфяников зависит от правильно выбранного комплекса мелиоративных мероприятий – способов их осушения и освоения, направленных на создание и поддержание в корнеобитаемом слое благоприятного для растений водно-воздушного и связанных с ним теплового и пищевого режимов почв.

На пойменных землях выращиваются в основном овощные и кормовые культуры, для которых необходимо применение осушительно-увлажнительных систем, где осушение обеспечивается закрытым дренажем, увлажнение в засушливые периоды – применением дождевания и шлюзования.

Состав осушительно-увлажнительных систем с учетом типов пойменных торфяных почв и их сельскохозяйственного использования приведен в таблице 2.

Требуется углубленное изучение проблемы рационального использования торфяно-болотных почв, создание оптимальной системы природопользования, совершенствования экологических комплексов окружающей среды при мелиорации земель.

Понижение УГВ, интенсивная обработка почвы, эрозионные процессы влияют на трансформации почвенного покрова вплоть до замены одного типа почв другим. Торфяные мощные почвы в результате сработки могут превратиться в средне- и маломощные, торфяно-глееватые, а при понижении УГВ до 1,5-2,0 м от поверхности они могут трансформироваться в дерново-подзолистые (Зайко С.М.).

При снижении уровней грунтовых вод на осушаемых болотах и их окультуривании степень разложения торфа возрастает. При уровне грунтовых вод 70см интенсивность разложения органического вещества была почти в 3 раза меньше, чем при уровне 120см, и в 7 раз меньше, чем при 150см (по данным БелНИИВХ).

Вследствие значительного понижения грунтовых вод (более 1,5 м) в торфяных почвах происходит их переосушка, торф быстрее разлагается, подвергается ветровой эрозии и возгоранию.

Таблица 2 – Состав осушительно-увлажнительных систем на пойменных торфяных почвах

Тип почвы; $K_{\phi}$ , м/сут	Культуры	Состав осушительно-увлажнительных систем
Торфяные почвы в притеррасной пойме $K_{\phi} - 0,1-0,5$	Овощные, кормовые, многолетние травы	Осушительно-увлажнительные системы с применением закрытого дренажа в сочетании с ловчими каналами и дождевания
Торфяные почвы в центральной пойме $K_{\phi} - 0,1-0,5$	Овощные, кормовые, многолетние травы	Осушительно-увлажнительные системы с применением закрытого дренажа и дождевания
Мелкозалежные торфяники, подстилаемые суглинками $K_{\phi т.} - 0,7-1,1$ $K_{\phi с.} - 0,01-0,1$	Кормовые, многолетние травы, овощные, культурные пастбища	
Мелкозалежные торфяники, подстилаемые песками $K_{\phi т.} - 0,1-0,5$ $K_{\phi п.} - 0,1-1,0$	Овощные, кормовые, многолетние травы	Осушительно-увлажнительные системы с применением закрытого дренажа и шлюзования
	Корнеплоды, многолетние травы	Осушительно-увлажнительные системы с применением глубоких редких каналов и шлюзования

К пожароопасным относятся все осушаемые торфяники зольностью  $Z < 50\%$ . Пожары на торфяниках могут произойти по многим причинам, но основными из них являются: отсутствие возможности активного регулирования уровня грунтовых вод на самотечных осушительных системах в период летне-осенней межени из-за их конструктивных особенностей; развал грамотной службы эксплуатации польдерных систем, низкий уровень земледелия на осушенных торфяных почвах (использование их в основном для возделывания пропашных культур); а также высокая стоимость энергоносителей, ремонтных работ, насосного оборудования; неосторожное обращение с огнем (курение, разведение костров), несоблюдение мер противопожарной безопасности и др. Пожары в лесных массивах также могут распространяться на примыкающие осушенные торфяные земли.

При глубоком залегании УГВ, низкой влажности торфяника горение распространяется в глубину торфозалежи, часто невидимо с поверхности и протекает довольно длительное время, что представляет опасность для людей, скота, техники, а также приводит к огромным потерям органического вещества. Пожароопасная влажность торфа наблюдается периодически в мае-октябре после

4-6 дней устойчивой солнечной погоды и удерживается обычно 1-2, а иногда и 3 недели.

На стадии проектирования осушения торфяных почв должны быть предусмотрены мероприятия по их защите от любых видов деградации. В составе таких мероприятий должны быть предусмотрены: преимущественное использование торфяных почв в качестве продуктивных зеленых угодий или в травопольных севооборотах с большим числом полей трав; двустороннее регулирование уровней грунтовых вод и стабильное поддержание лугового типа водного режима в профиле осушаемых торфяных почв; систематическое внесение органических и минеральных удобрений с целью поддержания высокого уровня плодородия почв и накопления значительных масс свежего перегноя за счет корневых систем растений, заправки соломы и пожнивных остатков; применение песчаных культур земледелия. Целесообразно применение для защиты осушенных торфяных почв от ускоренной биохимической минерализации и пожаров агроуплотнительных мероприятий, обеспечивающих внесение в пахотный горизонт или нанесение на его поверхность песка. Эти мероприятия способны исключить возможность возгорания и ускоренной термической деградации торфяных почв.

При проектировании противопожарных мероприятий определяются источники водоснабжения и требуемое количество воды, создаются сооружения и устройства для забора и подачи ее к месту тушения, устанавливаются состав и количество технических средств.

Распространению пожаров на осушенных торфяниках препятствуют лесные насаждения из деревьев лиственных пород. Поэтому на торфяниках рекомендуется создавать противопожарные защитные лесные полосы через 1,0 - 1,5 км шириной 10-15 м. Устройство противопожарных зон и полос возможно совмещать с расположением их по трассам коллекторов и дрен и с обогащением пахотного слоя торфяной почвы минеральным грунтом.

Внесение добавок минерального грунта в верхний слой осушенного торфяника (0,15-0,20 м) методом вспашки, за счет разравнивания кавальеров, срезки бугров и т.д. обеспечивает исключение пожаров на небольших площадях торфяников (до 100 га), а на более крупных - значительное уменьшение выгорания торфа. Грунт вносят равномерно по всей площади или полосами в зонах повышенной пожарной опасности. Для борьбы с пожарами землепользователи и служба эксплуатации мелиоративных систем должны организовывать пожарную охрану с оснащением ее техническими средствами в количестве, определяемом площадью осушаемых торфяников, принимать профилактические меры по соблюдению противопожарной безопасности (инструктаж людей, соблюдение технологических процессов и т.п.), направленные на устранение возможных причин загораний и быстрое тушение очагов в случае их возникновения.

При образовании подземных очагов пожара на осушенных торфяниках не-



обходимо ограничить его распространение путем отрывки траншеи на расстоянии 3-4 м. Глубина ее принимается до минерального грунта или до уровня грунтовых вод. Затем очаг тушат затоплением с помощью передвижной насосной станции или методом шлюзования до подъема уровней грунтовых вод к поверхности земли.

Торфяно-болотные почвы в течение всего теплого периода года необходимо занимать высокопродуктивными культурными растениями. Это следует делать в целях максимального использования агроклиматических ресурсов для формирования в данных условиях наиболее высокого урожая биомассы, исключения непроизводительных потерь продуктов минерализации органического вещества (которые могут стать источником загрязнения окружающей среды), а также защиты почвы от водной и ветровой эрозии, пожаров.

Возделываемые культуры должны обладать способностью в максимальной мере пополнять почву свежим органическим веществом и тем самым частично восстанавливать убыль органического вещества торфа.

Глубина стояния уровней грунтовых вод должна поддерживаться такой, чтобы было возможным снабжать растения в соответствии с их биологическими потребностями влагой и в течение всего года максимально консервировать торфяную залежь от разрушения.

В соответствии с требованиями охраны и рационального использования торфяных почв их рекомендуется отводить под многолетние травы и зернотравяные севообороты. Посевы пропашных культур, вызывающих усиленную минерализацию органического вещества торфа, в основном должны быть исключены.

Использование мощных торфяных почв в условиях травопольного севооборота или их длительное залужение при небольшой мощности торфа в условиях южной тайги и лесостепи европейской территории страны при неглубоком залегании уровня грунтовых вод наилучшим образом отвечает их естественным свойствам и последующей эволюции после мелиорации.

Мелиорируемые почвы, прежде всего и в наибольшей степени подвергаются трансформации под влиянием антропогенного воздействия, поэтому вопрос об экологической защите мелиорируемых почв один из наиболее приоритетных вопросов охраны природной среды.

Особое значение имеют мероприятия по экологической защите мелиорируемых почв:

- эколого-экономическое обоснование целесообразности мелиорации почв;
- регулирование режимов почв гидротехническими способами мелиорации, адекватными их генетическим особенностям;
- защита от загрязнения тяжелыми металлами, радионуклидами;
- регулирование выноса и аккумуляции С, N, Ca, Mg, K, P, Fe, Na, S, Cl и других элементов для сохранения почв и улучшения питания растений;

- защита от уплотнения путем применения обрабатывающих и транспортных средств с допустимым давлением на почву;
- использование почв в системе травопольных севооборотов или зеленых угодий;
- регулирование поверхностного и внутрпочвенного стока агромелиоративными мероприятиями, исключая застой влаги в поверхностных горизонтах.

Почвозащитные мероприятия на торфяных почвах предусматривают сохранение органического вещества, что достигается правильным соотношением площадей посева трав, пропашных и зерновых культур в севообороте. Торфяники с мелкой залежью торфа используют преимущественно для создания многолетних сенокосов и пастбищ, а песчаные рыхлые почвы, попадающие в контур осушения, - как правило, под лесонасаждения. Для предотвращения эрозии почв стремятся сохранить куртины леса и отдельные деревья, предусматривают посадку лесных полос вдоль проводящих каналов, прудов, водохранилищ, по берегам рек и дамб обвалования, закрепление русла каналов.

В экологическом плане при осушении болот и заболоченных земель наиболее перспективны водооборотные системы, поскольку конструкция их учитывает рациональное использование водных ресурсов и предупреждает повышение содержания в водоисточниках химических веществ.

Мелиоративные системы на осушаемых пойменных почвах, независимо от причин переувлажнения и источников водного питания в основном должны быть осушительно-увлажнительными с максимальным совмещением осушительных и увлажнительных сооружений и устройств, автоматизированным управлением их работы, созданием и поддержанием оптимального водного режима в корнеобитаемом слое почв.

УДК 631.628.364

## **БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ НА БАЗЕ ШЛАНГО-БАРАБАННЫХ МАШИН**

**О.И. Пивкина, М.В. Силков**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Комплексы предназначены для орошения зерновых, овощных, технических культур, лугов и пастбищ, садов, лесопитомников, виноградников. Комплексы могут использоваться как при индивидуальной, так и групповой работе машин на участках с простым и сложным рельефом с уклоном местности до 0,03 и различной конфигурации.

Комплексы состоят из: насосной станции; гидроподкормщика; поливного трубопровода с гидрантами; шлангового дождевателя. При индивидуальной ра-

боте машин предпочтение отдается передвижным насосным станциям с дизельным или электроприводом в зависимости от условий эксплуатации машин и наличия источников электроэнергии.

Для внесения удобрений с поливной водой у насосной станции устанавливается гидроподкормщик марки ГПД—50.

Оросительная сеть проектируется из полиэтиленовых труб тяжелой серии. Диаметр трубопроводов определяется гидравлическим расчетом.

Сортамент труб определен по каталогам Чебоксарского трубного завода, а соединительные детали (втулки, крестовины, тройники, болты, гайки, шайбы, фланцы и др.) - по данным ЗАО НПО “РиМ”.

Параметры дождевателей “Агрос”, передвижных насосных станций и гидроподкормщика приняты в соответствии с данными Волгоградского завода оросительной техники “Ортех”.

Дождевальные машины барабанного типа с длинномерным гибким трубопроводом типа ДШ “Агрос” осуществляют полив в движении полос по кругу или сектору.

Основным достоинством данных машин является уровень автоматизации процесса полива при высоком качестве распределения дождя и возможности использования на участках со сложным рельефом. Это позволяет поднять уровень механизации в орошаемой земледелии при одновременном сокращении использования трудовых ресурсов. Машины хорошо вписываются в поля различной конфигурации.

Дождевальные машины состоят из рамы, на которой смонтирован барабан, имеющий возможность поворачиваться на 180°. На барабан наматывается гибкий трубопровод с помощью гидравлического привода. На салазках устанавливается дождевальный аппарат или ферма. Система автоматически обеспечивает движение машины по курсу. Для раскладки гибкого трубопровода используется небольшой мощности трактор класса 0,9 т, который может обслуживать 4—6 машин.

Дождеватели работают в движении, поочередно обслуживая позиции орошаемого участка. Забор воды осуществляется от гидрантов закрытой оросительной сети. Вода подаётся от гидранта по гибкому шлангу к дождевальному аппарату. Под давлением этой же воды турбинный гидропривод, который приводит во вращение барабан и с его помощью полиэтиленовый трубопровод, подтягивает салазки с дождевальным аппаратом или фермой к тележке. Последняя располагается при работе у гидранта оросительной сети. Когда салазки достигают тележки, происходит автоматическое отключение от работы дождевателя.

Ниже приведена техническая характеристика модулей с шланговыми дождевателями “Агрос” (табл. 1.).

Таблица 1 - Модули оросительных систем с дождевателями “Агрос”

Показатели	Ед. изм.	ДШ—75М	ДШ—90	ДШ—90Ф	ДШ—110
Расход воды	л/с	5-6	8-10	8-10	15-20
Напор на входе в машину	м	60-70	60-70	35	60-70
Диаметр водопроводящего трубопровода	мм	75	90	90	110
Диаметр оросительного трубопровода	мм	110	160	160	225
Рабочая длина захвата	м	200	250	250	400
Рабочая ширина захвата	м	50	55	55	60
Площадь орошения с одной позиции	га	1	1,375	1,375	2,4
Допустимый уклон участка		0,03			
Напор в голове оросительного трубопровода	м	65-75	65-75	40	65-75
КЗИ		0,98			

Для определения сезонной нагрузки на дождевательные машины необходимо определить удельную потребность в оросительной воде для различных природно-климатических зон России (табл. 2).

Таблица 2 - Удельная потребность в оросительной воде для различных природно-климатических зон России в среднесухой год (вероятность превышения 75-80%)

Природная зона	K <sub>y</sub>	Севооборот	Оросительная норма нетто, м <sup>3</sup> /га	Q <sub>nt</sub>	
				м <sup>3</sup> /(га·сут)	л/(с·га)
Лесолуговая	0,86-1,2	Зерно-кормовой	600-1200	20-25	0,25-0,3
Лесостепная	0,51-0,85	Зерно-кормовой	1200-2500	26-40	0,31-0,45
Степная	0,41-0,5	Овоще-кормовой	2500-3000	41-50	0,46-0,6
Сухостепная	0,31-0,4	Овоще-кормовой	3000-3900	51-65	0,61-0,75
Полупустынная	0,19-0,3	Овоще-кормовой	4000-4800	61-70	0,7-0,8

В таблице 2  $K_y$  – коэффициент увлажнения зоны,  $q_{нт}$ —гидромодуль севооборота, нетто.

Сезонная нагрузка определяется как отношение расхода воды дождевателем к гидромодулю с учетом коэффициента использования рабочего времени:

$$w = \frac{Q}{q_{нт}} \cdot K_u,$$

где  $Q$ —расход воды дождевателем, л/с;

$K_u=0,75-0,8$ —коэффициент использования времени смены.

При определении сезонной нагрузки учитывалось также, что число позиций должно быть четным, а орошаемая площадь участка кратна площади орошения с одной позиции (табл. 3.).

Таблица 3 - Площадь орошения модулей с машинами типа “Агрос”  
для различных зон

Природная зона	q, л/с	ДШ—75М		ДШ—90		ДШ—110	
		ω, га	п	ω, га	п	ω, га	п
Лесолуговая	0,3	16	16	24,75	18	52,8	22
Лесостепная	0,45	10	10	19,25	14	38,4	16
Степная	0,6	8	8	13,75	10	24	10
Сухостепная	0,75	6	6	8,25	8	19,2	8
Полупустынная	0,8	6	6	8,25	8	19,2	8

Исходя из данных таблицы, разработаны схемы комплексов оросительных модулей для 4-х природных зон (рис. 1). Для выбора передвижных насосных станций комплексов необходимо определить расчетные расходы и напоры, для нормальной работы системы. Расчетный расход воды определен по характеристикам машин “Агрос”, а напор—по формуле:

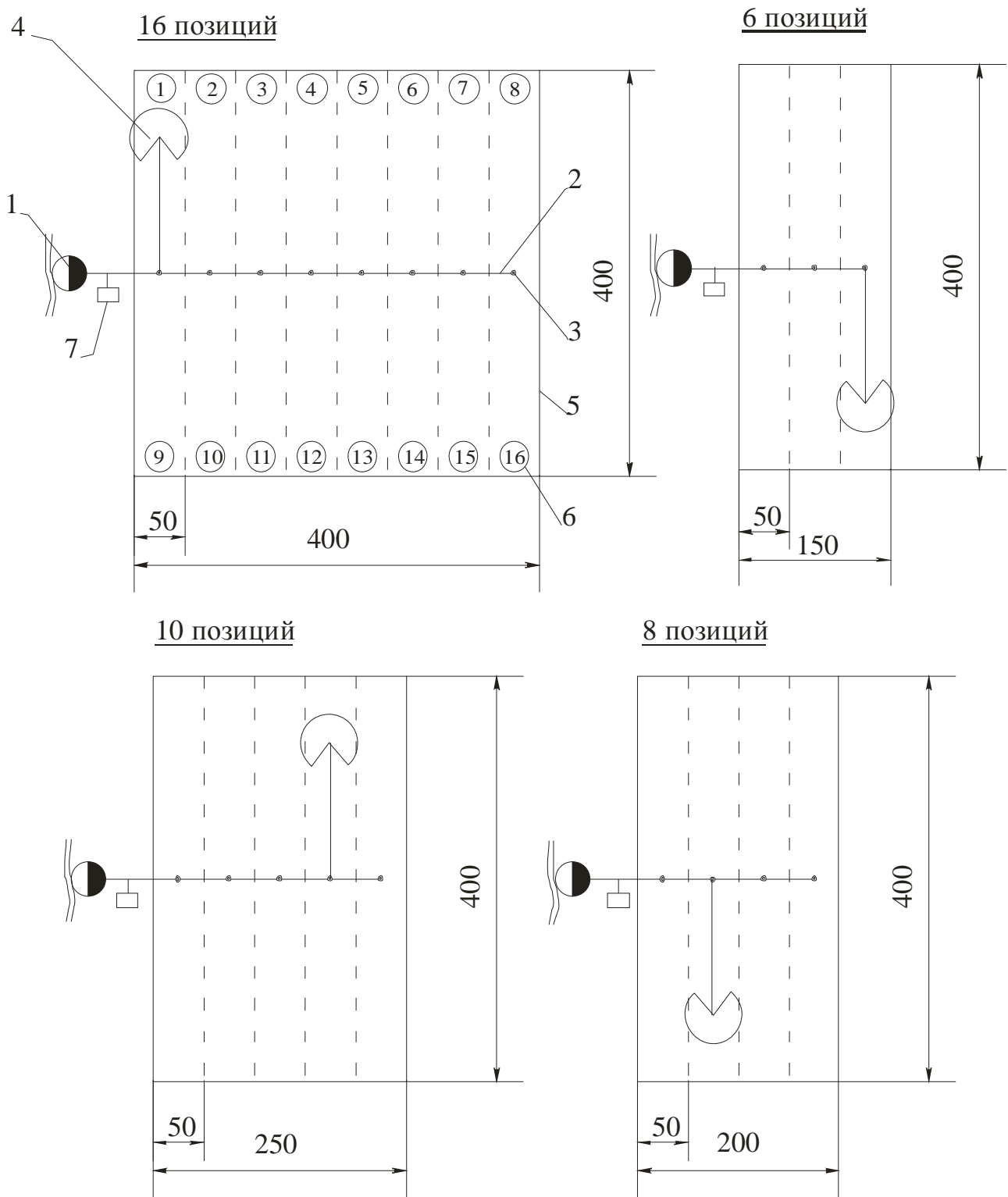
$$H = h_l + h_m + H_{св},$$

где  $h_l$ —потери напора по длине распределительного трубопровода, м;

$h_m$ —местные потери напора, приняты как  $h_m=0,1h_l$ .

$H_{св}$ —напор на вход в турбину дождевателя, м.

В соответствии с этим выполнен гидравлический расчет оросительных модулей (табл. 4.).



Технологическая схема применения дождевателя  
 1- Насосная станция; 2- Поливной трубопровод; 3- Гидрант; 4-  
 Дождевальная машина; 5- Граница участка; 6- Номера позиций  
 работы машины; 7- Гидроподкормщик

Рисунок 1 - Схемы комплексов оросительных модулей для 4-х природных зон

Таблица 4 - Гидравлический расчет оросительных модулей

Машина	$q$ , л/с	Число позиций	$d$ , мм	$1000i$	$l$ , м	$h_b$ , м	$h_m$ , м	$H_{св}$ , м	$H_m$ , м
ДШ—75М	6	16	110	11,8	375	4,42	0,44	70,0	74,86
		10			225	2,66	0,27	70,0	72,93
		8			175	2,06	0,21	70,0	72,27
		6			125	1,47	0,15	70,0	71,62
ДШ—90	10	18	160	4,91	467,5	2,30	0,23	60,0	62,53
		14			357,5	1,76	0,18	60,0	61,94
		10			247,5	1,21	0,12	60,0	61,33
		8			192,5	0,94	0,09	60,0	61,03
ДШ—110	20	22	225	3,29	630	2,07	0,21	80,0	82,28
		16			450	1,48	0,15	80,0	81,63
		10			270	0,89	0,09	80,0	80,98
		8			210	0,69	0,07	80,0	80,76

Таким образом, имея характеристики природных и хозяйственных зон, можно подобрать комплекс, удовлетворяющий потребности различных хозяйств товаропроизводителей.

УДК 631.347

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УМЕНЬШЕНИЮ КОЛЕЕОБРАЗОВАНИЯ ДМ «ФРЕГАТ»

**Н.Ф. Рыжко**

ФГНУ ВолжНИИГиМ, Энгельс, Россия

Дождевальная машина «Фрегат» передвигается в зоне дождя, поэтому несущая способность и твердость почвы перед колесами снижается. Уже после первого прохода тележки средняя глубина колеи достигает 6...8 см. В результате сноса дождевого облака попутным ветром и увеличения объема воды перед колесом до 600 м<sup>3</sup>/га глубина колеи на посевах озимой пшеницы увеличивается до 12,9 см, а на пашне до 14,7 см (табл.1).

Глубина колеи повышается с увеличением числа проходов машины по полю. Причем, наиболее интенсивно глубина колеи увеличивается за первые три прохода. При средней поливной норме 300 м<sup>3</sup>/га глубина колеи после 4 поливов составляет 13 см, а с учетом выпирания почвы – 20 см. При поливной норме 600 м<sup>3</sup>/га глубина колеи увеличивается до 30 см, а с учетом выпирания почвы –

до 40 см. На участках поля, где почва значительно увлажняется в результате протечек в трубопроводе и задвижке, неправильной регулировке, глубина колеи может достигать 50 см, в таких случаях тележка «садится» на раму, может за буксовать и остановиться. Процент отказов машины по этой причине составляет 6 %.

Таблица 1 - Глубина колеи после первого прохода ДМ «Фрегат» с серийными дождевальными аппаратами в зависимости от нормы полива перед колесами тележек и агрофона

№№ опы-та	Агрофон	Норма полива, мм	Погодные условия	Параметры колеи		
				h, см	$\sigma$	V, %
1	Кукуруза	0	Машина движется против ветра	3,9	13,0	37,1
2	Суданка	5,0	Машина движется против ветра	4,0	13,3	34,0
3	Кукуруза	15,0	Штиль	5,8	19,7	34,0
4	Пашня	30,0	Слабый ветер	14,7	37,8	35,0
5	Кукуруза	30,0	Машина движется за ветром	9,7	24,3	36,0
6	Суданка	45,0	– " –	10,8	37,0	36,0
7	Оз. пшеница	60,0	– " –	12,9	37,7	29,2

Примечание: h,  $\sigma$  и V – средняя глубина колеи, среднеквадратичное отклонение и коэффициент вариации

Наиболее значимые исследования по повышению проходимости и уменьшению колееобразования машины «Фрегат» проводились под руководством А.И. Рязанцева. Учитывая его научные разработки, нами исследовался способ уменьшения колееобразования ДМ «Фрегат» за счет исключения или существенного уменьшения попадания воды в зону передвижения колес тележки. Для этого на крайних к тележкам штуцерах устанавливались дефлекторные насадки секторного или контурного полива, в том числе, во второй половине трубопровода они монтировались сзади машины на откылках длиной 3,0...3,6 м. На раме тележки устанавливался подтележечный щиток, который представлял собой каркас в виде треугольной призмы обтянутый водонепроницаемым материалом (полиэтиленовая пленка и др.). Длина щитка 2,0...2,1 м и ширина 0,5...0,6 м.



Подтележечный щиток располагается симметрично относительно колеи колес и крепится на расстоянии 15...20 см от рамы тележки.

Исследования ДМ «Фрегат» с подтележечным щитком показали, что зонт закрывает колею между колесами от попадания воды, подающей дождевателями и различными, неисправными узлами и деталями (разрыв прокладки, износ манжеты гидроцилиндра, клапана-распределителя и др.).

Исследованиями (см. табл.2) установлено, что при передвижении стандартных тележек в зоне дождя и при наличии дополнительных протечек воды, попадающих в зону движения колес, глубина колеи на свежевспаханном поле и на поле со всходами озимой пшеницы достигала 10...17 см.

Монтаж подтележечного щитка на тележках в начале машины, где радиус захвата дефлекторных насадок небольшой (4,5...5,5 м), исключает образование воды в колее, ее глубина на свежевспаханном поле составляет 6...9 см, а на всходах озимой пшеницы - 2...6 см.

Подтележечный щиток, установленный на тележках в конце машины, где радиус захвата дождем дефлекторных насадок составляет 7,0...8,0 м, а почва впереди и за тележкой увлажняется, возможно, попадание небольшого количества воды в колею под второе колесо. Поэтому глубина колеи на свежевспаханном поле выше и составляет 7...12 см, а на поле со всходами озимой пшеницы – 3...7 см (таблица 2).

В опытах, когда на крайних трубах были установлены секторные дефлекторные насадки, которые в тихую погоду исключали попадание воды в зону передвижения тележек с подтележечным щитком, глубина колеи на свежевспаханном поле составила 4...6 см, под колесами воды – нет. Однако при попутном ветре возможен снос дождя и под вторым колесом может образоваться незначительный объем воды нормой 10...20 м<sup>3</sup>/га.

Установка подтележечных щитков и секторных дефлекторных насадок на открылках на ДМ «Фрегат», поливающих люцерну, суданку и имеющих в середине поливного сезона, глубину колеи 10...12 см, не изменяют ее глубину, так как она остается сухой.

Лучшие результаты получены при установке на открылках секторных дефлекторных насадок и подтележечных щитков, которые даже при попутном ветре практически исключали попадание воды в зону передвижения тележки. При этом также исключалось попадание воды в колею от перераспределения не впитавшейся воды при поливе большой поливной нормой (400...500 м<sup>3</sup>/га) плотных почв (люцерна, стерня травосмеси). Глубина колеи на свежевспаханном поле составила 4..5 см, на поле со всходами озимой пшеницы – 2...4 см.

Таблица 2 – Глубина колеи после прохода серийной и модернизированной ДМ «Фрегат»  
в ОПХ ФГНУ «ВолжНИИГиМ»

№ машины	Особенности полива	Величина протечек на тележке, л/с	Объем воды, перед колесом, м <sup>3</sup> /га	Агрофон	Норма полива, м <sup>3</sup> /га	Характер и направление ветра	Глубина колеи, см		Наличие воды в колес между Колесами тележки
							до прохода	после прохода	
3	Подтележечный щиток на тележке 5, дефлекторные насадки	до 1,0	0	Свежевспаханное поле	200	Слабый боковой	0	6...9	нет
	Подтележечный щиток на тележке 13, дефлекторные насадки	до 1,0	10...50	Свежевспаханное поле	200	Слабый боковой	0	7...12	незначительный объем воды
	Стандартная тележка, дефлекторные насадки	до 1,0	10...50	Свежевспаханное поле	200	Слабый боковой	0	10...17	значительный объем воды
4	Подтележечный щиток на тележке 5, дефлекторные насадки	до 1,0	0	Всходы озимой пшеницы	300	Слабый попутный	0	2...6	нет
	Подтележечный щиток на тележке 13, дефлекторные насадки	до 1,0	10...50	Всходы озимой пшеницы	300	Слабый попутный	0	3...7	незначительный объем воды
	Стандартная тележка дефлекторные насадки	до 1,0	10...50	Всходы озимой пшеницы	300	Слабый попутный	0	8...12	значительный объем воды
	Стандартная тележка дефлекторные насадки	более 1,0	10...50	Всходы озимой пшеницы	300	Слабый попутный	0	10...17	значительный объем воды

Продолжение таблицы 2

9	Подтележечный щиток на тележке 5 и секторные дефлекторные насадки	до 1,0	0	Свежевспаханное поле	250	Слабый встречный	0	4...6	нет
	Подтележечный щиток на тележке 10 и секторные дефлекторные насадки	до 1,0	10	Свежевспаханное поле	250	Слабый попутный	0	5...7	незначительный объем воды
	Подтележечный щиток на тележке 10 и секторные дефлекторные насадки на открылках 3,6...4,0 м	до 1,0	0	Свежевспаханное поле	250	Слабый попутный	0	3...5	нет
	Стандартная тележка, дефлекторные насадки	до 1,0	50	Свежевспаханное поле	250	Слабый попутный	0	10...17	значительный объем воды
1	Подтележечный щиток на тел. 5 и дефлекторные насадки на открылках 3,6...4,0 м	до 1,0	0	Стерня травосмеси	300	Слабый попутный	10...12	10...12	нет
	Стандартная тележка, дефлекторные насадки	до 1,0	50...80	Стерня травосмеси	300	Слабый попутный	10...12	12...17	значительный объем воды

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ НИЗКОНАПОРНЫХ ДМ «ФРЕГАТ»****Н.Ф. Рыжко, В.Л. Угнавый**

ФГНУ ВолжНИИГиМ, Энгельс, Россия

Для повышения эффективности использования ДМ «Фрегат» в Саратовской области внедрены несколько вариантов низконапорных машин. При обосновании режима работы ДМ «Фрегат» и варианта модернизации на низкий напор учитывали модификацию машины и место ее расположения на орошаемом участке. Также учитывались характеристики насосных агрегатов и трубопроводов оросительной сети. При переводе больших орошаемых участков на низконапорный режим работы выделяли три зоны расположения ДМ «Фрегат». Низконапорные машины, модернизированные по 1 варианту и работающие при напоре на входе 0,32...0,48 МПа и в конце трубопровода 0,3 МПа (табл.1), устанавливались на основных трубопроводах и вблизи к насосной станции. Здесь после подключения большего числа одновременно работающих машин напор на выходе насосной станции снижался с 1,0...1,2 МПа до 0,6...0,7 МПа. Для обеспечения мелкокапельного и эрозионного дождевания эти машины оборудовались модернизированными дождевальными аппаратами или дефлекторными насадками, установленными по учащенной схеме (через 5 и 6 м).

Низконапорные ДМ «Фрегат» модернизированные по 2 и 3 варианту (табл.1) работали при напоре на входе соответственно 0,26...0,47 МПа и 0,24...0,45 МПа. Напор в конце трубопровода уменьшался соответственно до 0,24 МПа и 0,22 МПа. В этом случае плечо силового рычага толкателей уменьшалось соответственно до 235 мм и 225 мм, а число грунтозацепов увеличивалось до 28 и 32 штук. Машины ДМ «Фрегат», модернизированные по 2 и 3 варианту, располагались в средней части орошаемого участка.

Наиболее удаленные от насосной станции машины модернизировались на низконапорный режим работы по 4 варианту (табл.1). При этом за счет уменьшения плеча силового рычага до 200 мм и увеличения числа грунтозацепов колес напор на входе машины снижался до 0,22...0,38 МПа. Напор в конце трубопровода составлял 0,2 МПа. Дождевательные машины, модернизированные на низконапорный режим работы по 2...4 варианту, комплектовались дефлекторными насадками.

У низконапорных 14...16 опорных машин, где потери напора по длине трубопровода достигают 0,14...0,18 МПа вначале машины (на тележках 1...8), применена модернизация тележек по второму варианту, в середине машины по

третьему варианту, а на крайних тележках (12...16) – по четвертому варианту. В этом случае у низконапорных машин расход воды, потребляемый гидроцилиндрами тележек на передвижение, будет уменьшен.

Таблица 1 - Технические характеристики серийных и низконапорных ДМ «Фрегат» (различных вариантов)

Модификация машины	Число опор, шт.	Напор на гидранте, МПа	Напор на входе в машину, МПа				
			серийная ДМ	низконапорная ДМ			
				1 вар.	2 вар.	3 вар.	4 вар.
ДМУ-А-199-28	7	0,47	0,44	0,32	0,26	0,24	0,22
ДМУ-А-253-38	9	0,50	0,47	0,35	0,29	0,27	0,25
ДМУ-А-337-45	12	0,52	0,49	0,37	0,30	0,29	0,27
ДМУ-А-337-65	12	0,58	0,55	0,44	0,38	0,35	0,33
ДМУ-Б-379-75	13	0,57	0,54	0,42	0,36	0,34	0,32
ДМУ-Б-409-80	14	0,58	0,55	0,43	0,37	0,35	0,33
ДМУ-Б-434-90	15	0,62	0,59	0,47	0,41	0,39	0,37
ДМУ-Б-463-90	16	0,63	0,60	0,48	0,42	0,40	0,38
ДМ-454-100	16	0,65-0,70	0,68	0,55	0,47	0,45	

В ЗАО АФ «Волга» Марковского района с увеличением числа одновременно работающих 13-ти опорных ДМ «Фрегат» от 1 до 6 шт., напор на выходе насосного агрегата Д1250-125 уменьшается с 1,1 МПа до 0,70...0,62 МПа (табл. 2). Напор на входе ДМ «Фрегат» при небольшом числе работающих машин поддерживается в пределах 0,6 МПа за счет неполного открытия гидрозадвижек. При увеличении числа одновременно работающих машин до шести напор на входе снижается и составляет 0,34...0,27 МПа при полностью открытых задвижках и определяется расположением машин на закрытой оросительной сети.

При работе двух насосных агрегатов и увеличении числа работающих машин от 6 до 11 штук напор на выходе насосной станции снижается с 1,06 до 0,72 МПа, а на входе у наиболее удаленной ДМ хоз. № 23 напор снижался от 0,5 до 0,31 МПа (табл. 3).

С увеличением числа одновременно работающих машин от одного агрегата его расход увеличивается с 158 до 470 л/с, а удельный расход электроэнергии на подачу 1000 м<sup>3</sup> воды наоборот снижается с 299 до 260 кВт·ч (табл. 2).

Таблица 2 - Напор на входе насосной станции, на входе и в конце 13-ти опорных машин «Фрегат», от числа работающих машин от одного агрегата Д1250-125 на НС-А в ЗАО «Волга» Марковского района

Число одновременно работающих машин, шт.	Напор на насосной станции, МПа	Расход электроэнергии на подачу 1000 м <sup>3</sup> воды, кВт	Напор на входе / Напор в конце ДМ «Фрегат», МПа					
			Хозяйственный номер машины					
			14	24	26	23	1	21
2	1,10	294	$\frac{0,60}{0,47}$	$\frac{0,60}{0,47}$	-	-	-	-
3	1,02-1,0	277	$\frac{0,60}{0,47}$	$\frac{0,60}{0,47}$	$\frac{0,60}{0,47}$	-	-	-
4	0,93-0,92	270	$\frac{0,60}{0,47}$	-	$\frac{0,45}{0,36}$	$\frac{0,46}{0,32}$	$\frac{0,47}{0,40}$	-
5	0,85-0,72	264	$\frac{0,38}{0,30}$	$\frac{0,36}{0,26}$	$\frac{0,38}{0,31}$	$\frac{0,35}{0,31}$	$\frac{0,35}{0,31}$	-
6	0,70-0,62	260	$\frac{0,30}{0,26}$	$\frac{0,32}{0,24}$	$\frac{0,32}{0,24}$	$\frac{0,27}{0,20}$	$\frac{0,30}{0,26}$	$\frac{0,34}{0,21}$

Таблица 3 - Напор на выходе насосной станции, на входе и в конце ДМ «Фрегат» хоз. №23 в зависимости от числа одновременно работающих машин на сети от двух насосных агрегатов Д1250-125 на НС-А в ЗАО АФ «Волга» Марковского района

Число одновременно работающих машин, шт.	6	7	8	9	10	11
Напор на насосной станции, МПа	1,06	1,02	0,96	0,92	0,79	0,72
Напор на входе ДМ «Фрегат», МПа	0,50	0,48	0,42	0,36	0,34	0,31
Напор в конце ДМ «Фрегат», МПа	0,32	0,31	0,29	0,24	0,22	0,21

При испытаниях низконапорных ДМ «Фрегат» (вар. 1) хоз. №№ 1...4 в ОПХ «ВолжНИИГиМ» установлено, что расход воды 9-ти опорной машины марки ДМУ-А-253-38 составляет 38 л/с при напоре 0,35 МПа. Расход воды 12 и 16-ти опорных машин марки ДМУ-А-337-45 и ДМУ-Б-463-90 составляет 45 и 90 л/с при напоре 0,36 и 0,48 МПа. Потребляемая мощность низконапорных машин с 9, 12 и 16-тью опорами снижается соответственно до 13,8; 16,8 и 42,3 кВт (на 20...22%). Напор на насосной станции при работе 9 или 12-ти опорной

машины с насосом бНДв поддерживается в пределах 0,49...0,50 МПа, а при работе 16-ти опорной машины с насосом СПС-70/80 – 0,56...0,60 МПа. Экономия электроэнергии на насосной станции от использования насосов бНДв и СПС-70/80 с низконапорными 9, 12 и 16-опорными машинами составляет соответственно 18, 18 и 35 % .

При поливе 9 и 12-ти опорной ДМ «Фрегат» расход электроэнергии насоса бНДв для подачи 1000 м<sup>3</sup> воды - 173 кВт·ч. При поливе 16-ти опорной ДМ «Фрегат» напор на выходе насоса СПС-70/80 должен составлять 0,56...0,60 МПа, а для подачи 1000 м<sup>3</sup> воды необходимо 240 кВт·ч.

Исследованиями в ОПХ ФГНУ «ВолжНИИГиМ» подтверждена возможность одновременной работы трех (9, 4 и 12-ти опорных) низконапорных ДМ «Фрегат» (по вариантам 2...4, хоз. №№ 1, 6 и 2) от одного насосного агрегата СПС-200/50 (электродвигатель мощностью 160 кВт) с величиной потребляемого тока 175 А. Напор на насосной станции составил 0,54 МПа, а на ДМ «Фрегат» - соответственно 0,25; 0,23 и 0,32 МПа. При изменении варианта модернизации ДМ «Фрегат» хоз. № 1 на низкий напор работы с 1-го на 4-ый, напор на входе в машину снижается с 0,35 до 0,25 МПа.

УДК 631.15:631.6

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В МЕЛИОРАТИВНОЙ ПОДОТРАСЛИ**

**А.А. Скурлягин, Г.Н. Виноградова**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В современных социально-экономических условиях при отсутствии реальной (а не декларируемой в официальных документах) государственной поддержки мелиоративную отрасль подстерегают всякого рода «случайности». Проведенные реформы привели к кардинальному изменению условий принятия (выработки) решений на всех уровнях власти. Возникло множество новых задач, усложнились известные ранее задачи, произошел скачок стратегических неожиданностей, четко выявилось несоответствие между теорией и практикой управления по целому ряду ключевых позиций. Это привело к практически полному обесцениванию накопленного ранее опыта управляющих. Если на заре советской власти главные управленцы страны, как правило, были в одном лице и аналитиками и управляющими, то ближе к «закату» вопрос качества управленческих решений трансформировался в вопрос обеспечения высокого качества работы информационно-аналитических подразделений. Произошло это по целому ряду причин, главная из которых – снижение числа профессий, требующих энциклопедической широты знаний. В результате человек занимал руководящий пост, имея лишь позитивный опыт практической или научной дея-

тельности в какой-либо узкой области, что отнюдь не способствует системному видению проблем управления. По этой причине руководитель такого типа использует лишь примитивную форму управления (раздача конкретных поручений отдельным сотрудникам) и не контролирует конкретные системные параметры организации. Стимулом для самообразования становились допущенные серьезные ошибки и просчеты при выработке управленческих решений, которые могли отрицательно влиять на дальнейшую карьеру.

Анализируя современное состояние российской аналитики, можно отметить следующее. Аналитика советского периода, как и соответствующие кадры, в пореформенных социально-экономических условиях оказались по преимуществу не применимы. Часть аналитики, которая сохранила пригодность для решения некоторого класса задач, утратила системность и не покрывает всех потребностей информационно-аналитического обеспечения процессов управления. Восстановление системного единства и выработка новых принципов (соответствующих новой ситуации) и методов аналитики протекает медленно. К сожалению, прослеживается тенденция бездумного использования аналитических шаблонов, заимствованных у западных аналитических школ. Относительно последнего следует заметить, что этот сегмент рынка захвачен консалтинговыми фирмами, часть из которых вовсе не являются экономическими резидентами РФ и работают отнюдь не в интересах российской экономики. Стандартный набор рекламных деклараций прозападных аналитиков-консультантов включает перечень «эффективных» рекомендаций по управлению, следование которым якобы приведет Заказчика к желаемым целям — повышению конкурентоспособности, рентабельности, устойчивости на рынке и т.п. Если проанализировать эти рекомендации и взглянуть на проблему управления с позиций фундаментальной науки, то можно отметить следующее.

Любая отрасль (или корпорация) - это открытая сложная квазиустойчивая динамическая система и с этим, как правило, западные консультанты соглашаются. Однако прогноз поведения таких систем достаточно сложная задача, решение которой является прерогативой фундаментальной науки. До настоящего времени эта задача для хаотических режимов не имеет строгого решения. Институт прикладной математики РАН много лет работает над этой задачей в русле теории «Нелинейных колебательных систем». Мелиораторы также знакомы с этой проблемой в рамках гидродинамических расчетов турбулентных потоков, которые требуют физического моделирования.

Подавляющее большинство прозападных консультантов вообще не знакомы с этой проблемой и не связывают с ней свою практическую деятельность. А когда узнают, то начинают утверждать, что это только «теория», которая к практике не имеет никакого отношения, поскольку нельзя математически спрогнозировать поведение системы, но из зарубежного эмпирического опыта нам известно, что такие-то и такие-то воздействия на систему приводят к та-



ким-то и таким-то последствиям (желаемым целям). То есть речь идет просто об эмпирических причинно-следственных связях и не более того. С этим можно бы было согласиться, но известный закон Хьюма о причинно-следственных связях (одинаковые причины порождают одинаковые следствия) в системах с избыточным хаосом не работает. Одинаковые причины далеко не всегда вызывают одинаковые следствия. Примеров, подтверждающих это, масса. Поэтому управленческий консалтинг, основанный на западных шаблонах, сомнителен и неэффективен. Список уважаемых компаний и государственных структур, поверивших таким «эффективным рекомендациям», можно прочитать в рекламных проспектах консалтинговых фирм под рубрикой «Наши крупнейшие клиенты».

Потеря доверия к научной прогностике в существенной степени связана с низким качеством традиционных прогнозов, результативность которых в турбулентных средах опускается до 3%. Однако за последние годы российской фундаментальной науке удалось совершить прорыв в этом направлении, но инерция недоверия великая сила.

Систематическое недофинансирование организаций мелиоративной отрасли привело к жесткой централизации финансовых и информационных потоков, что закономерно. К сожалению, это коснулось и научных учреждений, где избыточная централизация оказалась губительной для инициативного творчества. В подтверждение тому приведем несколько примеров.

Для решения некоторой задачи не хватает сил одного научного сотрудника, а квалификация товарищей по работе не соответствует уровню сложности этой задачи и надеяться на их помощь нельзя. Ходатайство к руководителю бесперспективно, поскольку он, как правило, далек от понимания частностей и его деятельность, в основном, направлена на решение исключительно административных задач (десятилетний разрыв в возрасте руководителя и исполнителя, например в информационных технологиях, равносителен разрыву в несколько поколений технологий). Исполнитель вынужден решать задачу самостоятельно в условиях чрезмерной нагрузки и неопределенности. Результат – доклад о невозможности решения поставленной задачи.

В ситуации, когда научный сотрудник низшего звена разработал решение некоторой значимой проблемы, но не располагает достаточными ресурсами для продвижения замысла, а запрос к верхней инстанции о выделении необходимых ресурсов потребует детального обоснования (если там не установлены доверительные отношения) может привести к потере авторства идеи и возможности участвовать в реализации плана. Привлечение ресурсов из смежных по горизонтали сегментов заблокировано без выхода «наверх». В итоге сотрудник отказывается от реализации перспективного решения. Если в нижнем звене организационной системы выявлена диспропорция, снижающая эффективность системы, то сотрудник (зная, что «инициатива наказуема исполнением» без

вознаграждения) откладывает решение проблемы в долгий ящик, до времени крайнего обострения противоречия.

Таким образом, централизованная система с жесткой схемой коммуникаций обладает слабой чувствительностью к обнаружению проблемы, препятствует вертикальной и горизонтальной кооперации сотрудников, самораспределению ролей сотрудников в творческих группах (адекватно их неформальной квалификации) и снижает уровень мотивации к творческой деятельности. На фоне децентрализации отрасли в целом локальная централизация мелиоративных организаций составляет «нелепый» контраст, который нарушает важнейший принцип теории систем — принцип фрактальности, согласно которому элемент системы должен быть структурно подобен системе в целом (что характерно для природных систем). Нарушение этого принципа свидетельствует об эволюционной незавершенности процесса структурных изменений отрасли и необходимости осмысленно влиять на него.

Для децентрализованной отрасли мелиорации характерна низкая управляемость: ресурсозатратность, потеря способности к самоорганизации отраслевых звеньев и рост «сепаратизма». Последний пункт этого перечня показывает важность анализа деятельности неформальных управляющих структур — реальных «центров сил», часть которых заинтересована в деградации отрасли, а другая оказывает им «иммунное» сопротивление. Очевидно, что задача центров сил — это присвоение властных полномочий методом давления. В качестве инструмента давления используется монопольное положение в отношении какого либо ресурса (интеллектуального, финансового, образовательного или властного), что позволяет ущемлять интересы иных центров сил, в том числе и сформированных вокруг официальных структурных элементов административной системы (Минсельхоз, Росводресурсы, Россельхозакадемия).

На стыке интересов различных центров сил возникают зоны напряженности, и складывается истинный механизм управления, воздействующий на все сферы функционирования отрасли. Исследование этой проблемы является исключительно актуальной задачей для защиты отрасли от дестабилизирующих воздействий. Для решения этой проблемы следует искать некий срединный путь между Харибдой централизации и Сциллой децентрализации, не впадая при этом в крайности.

Последние достижения в области математики бесконечных множеств, теории систем, социальных технологий, дают гарантию того, что эти проблемы могут быть разрешимы с точки зрения науки. Этапы выработки решений подразумевают наличие четкой иерархии, вершиной которой является доктрина отрасли, как концептуальное описание стратегических целей, и директивы, как замыслы достижения целей, учитывающие наличие и порядок использования определенных ресурсов. По здравой логике, информационно-аналитическим центром мелиоративной подотрасли должен стать ВНИИГиМ, взяв на себя функции ин-

теллектуального центра по разработке прогнозов и стратегических концепций на базе использования всего спектра методов принятия решений, пригодных для нестабильной внешней среды. Только в этом случае ВНИИГиМ не будет «просителем» на конкурсных торгах госконтрактов как в МСХ, так и МПР.

УДК 631.6

## **ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ**

**Н.Е. Степанова**

Волгоградская ГСХА, Волгоград, Россия

Свекла столовая – распространенная овощная культура, по калорийности превосходящая все другие сочные овощи, богатая биологически активными веществами, органическими кислотами и минеральными солями. По значимости она занимает второе место среди корнеплодных культур, уступая лишь моркови. Благодаря хорошей лежкости ее корнеплоды используют круглый год.

С давних времен человек использовал целебные свойства этого корнеплода. Свекла в сыром виде благотворно влияет на деятельность сердечно-сосудистой системы, улучшает жировой обмен, работу печени и кишечника. Свекольный сок способствует образованию красных кровяных телец, полезен при анемиях, истощениях, упадке сил после перенесенных заболеваний.

В корнеплодах столовой свеклы содержатся витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, каротин, витамин РР, фолиевая кислота, аскорбиновая кислота, каротин. По химическому составу и энергетической ценности корнеплоды свеклы уступают картофелю по калорийности, но превосходят все листовые и зеленые овощи.

Свекла - растение двухлетнее. В год посева у нее вырастает мясистый корень с прикорневой розеткой листьев. В непрерывном развитии от семени до семени можно выделить 11 последовательных этапов, называемых фазами роста и развития: 1) прорастание семян – появление всходов; 2) укоренение всходов и подготовка к образованию настоящих листьев – фаза «вилочки»; 3) линька корня, с которой совпадает бурное развитие корневой системы, листьев и начало образования корнеплодов; 4) максимальное нарастание листьев и корнеплода; 5) интенсивное летне-осеннее накопление сухого вещества, в том числе и сахаров; 6) период «покоя» во время зимнего хранения; 7) вторичное отрастание корешков и листьев после посадки семенников; 8) нарастание листьев и начало стеблеобразования – цветение; 10) завязывание и формирование семян; 11) созревание семян (Красочкин, 1971).

Цель наших исследований – определение водосберегающего режима орошения столовой свеклы, который позволит в сочетании с различными нормами минерального питания, на светло-каштановых почвах Волго-Донского

междуречья, получить запланированный урожай при рациональном использовании материальных и энергетических ресурсов. Исследования проводятся на орошаемых землях крестьянско-фермерского хозяйства «Гуляев Н.В.» Городищенского района, Волгоградской области.

Среди столовых корнеплодов одно из главных мест по объему производства в Волгоградской области занимает столовая свекла. Для увеличения ее производства остается актуальным вопрос разработки агротехники возделывания столовой свеклы для получения высокого урожая в засушливой зоне.

Свекла столовая сравнительно засухоустойчива. Временный недостаток влаги в верхнем слое почвы она переносит благодаря мощной, глубоко проникающей корневой системе. В то же время, культура чувствительна к недостатку влаги во время прорастания семян, укоренения всходов и при развитии листовой поверхности. Столовую свеклу можно выращивать как при раннем весеннем, так и при летнем посеве.

Многолетними исследованиями кафедры сельскохозяйственных мелиораций Волгоградской сельскохозяйственной академии, установлено, что при поливах дождеванием для формирования высоких урожаев полевых культур на средне- и тяжелосуглинистых светло-каштановых почвах необходимо поддерживать влажность активного слоя (0,6-0,8 м) в пределах 70-80% НВ.

Минимальная температура для прорастания семян столовой свеклы  $6-8^{\circ}\text{C}$ , оптимальная  $25^{\circ}\text{C}$ . В период от появления всходов до формирования корнеплода оптимальной признана температура  $15-18^{\circ}\text{C}$ , а в дальнейшем  $20-25^{\circ}\text{C}$ . Всходы выдерживают заморозки до  $(-2)^{\circ}\text{C}$ . Столовая свекла требовательна к свету, при его недостатке снижаются урожайность и качество корнеплодов.

Жаростойкость и засухоустойчивость у столовой свеклы выше, чем у моркови, но для получения высокого урожая необходимо достаточное снабжение растений влагой.

Волгоградская область расположена на Юго-востоке Европейской части Российской Федерации в районе Нижнего Поволжья и среднего течения Дона, в зоне степей и полупустынь. Наиболее характерной особенностью климата является континентальность, неустойчивость по годам и засушливость. Сумма температур выше  $5^{\circ}\text{C}$  составляет  $3450^{\circ}$ , а выше  $10^{\circ}\text{C}$  –  $3200^{\circ}$ . При этом продолжительность теплового вегетационного периода со среднесуточной температурой воздуха выше  $5^{\circ}\text{C}$  колеблется от 200 до 205 дней и выше  $10^{\circ}\text{C}$  от 165 до 170 дней.

По условиям влагообеспеченности территория проведения исследований относится к полусухой зоне. Незначительное количество зимних и весенне-летних осадков, высокая испаряемость летом, превышающая в 4-5 раз сумму выпавших атмосферных осадков, приводит к дефициту почвенной влаги. Поэтому устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур, в том числе и столовой свеклы, можно получать в этом регионе только при орошении.

По данным волгоградских ученых (Григоров М.С., Сарана С.В., 1989), в условиях светло-каштановых почв Волго-Донского междуречья, для получения гарантированной запланированной урожайности столовой свеклы на уровне 60 т/га необходимо обеспечить внесение минеральных удобрений нормой  $N_{160} P_{130} K_{100}$  в сочетании с порогом влажности почвы на уровне 85-70-70% НВ. Для поддержания влажности почвы на уровне 85-70-70% НВ требуется в острозасушливые года провести 15 поливов, в средние сухие года 10 поливов, и во влажные 8 поливов нормой 150-500 м<sup>3</sup>/га.

Оптимизация водного режима почвы достигается своевременным проведением поливов, не допускающим снижения влажности в расчетном слое ниже установленного для получения запланированного урожая. А.Н.Костяков предложил сроки полива сельскохозяйственных культур устанавливать по нижнему допустимому порогу влажности.

При выращивании столовой свеклы на светло-каштановых почвах немаловажна роль применения химических мер борьбы с сорной растительностью. В борьбе с однолетними сорняками на посевах столовой свеклы оптимальная доза «Трефлана» составляет от 1,0 до 1,5 кг/га, «Стомпа» - 1,0 кг/га. «Трефлан» снижает общую засоренность посевов в начале вегетации на 78-70%, к концу вегетации – на 69-84%. «Стомпа» снижает общую засоренность посевов в начале вегетации 63-68%, к концу вегетации – на 56-77%.

Светло-каштановые почвы обладают сравнительно невысоким эффективным плодородием. К этому надо добавить, что при орошении происходит интенсивный вынос питательных веществ – в 1,5 раза больше, чем без орошения. Наиболее быстро истощается азотный фон, что связано с возрастанием минерализации, потерями гумуса и минеральных соединений азота. Поэтому эта проблема на орошаемых землях Поволжья является очень важной.

Азот растения потребляют больше, чем любого другого элемента корневого питания. Он представляет собой главнейший биологический элемент, так как является основной частью всех белков, аминокислот, нуклеиновых кислот, хлорофилла, алкалоидов, гормонов и других биологически активных веществ.

Светло-каштановые почвы характеризуются высоким содержанием обменного калия. Однако, несмотря на благоприятный калийный режим, светло-каштановых почв, при возделывании различных культур в условиях орошения, целесообразен дальнейший его контроль с целью повышения урожайности и улучшения качества растениеводческой продукции. При достаточном обеспечении калием растения лучше удерживают воду, легче переносят кратковременные засухи. Усиливается стойкость культур к легким заморозкам.

Фосфор играет важную роль в углеводном обмене, в процессе фотосинтеза, дыхания. Поэтому обеспечение высокого уровня фосфорного питания – одно из важнейших условий получения высоких и устойчивых урожаев возделываемых культур (Филин В.И., 1976).

Многолетними опытами ученых ВГСХА установлены сроки внесения основных элементов питания под свеклу, они должны соответствовать фазам развития растений. На первом этапе, когда прорастают семена и идет усиленный рост корней, растения нуждаются, прежде всего, в фосфорном питании. Поэтому при посеве необходимо использовать гранулированный суперфосфат, 2-3 недели после появления всходов и до начала образования корнеплодов – лучший период для проведения азотных подкормок.

От начала образования корнеплодов до их созревания следует проводить калийные подкормки, которые стимулируют накопление в растении углеводов и биологически активных веществ и их отток в продуктивный орган, что способствует улучшению лежкоспособности продукции в период хранения. Роль азота на этом этапе вегетации растений снижается. Его избыток может привести к задержке созревания корнеплодов, повышению содержания в них нитратов и увеличению потерь от болезней при хранении.

Таким образом, вопрос изучения закономерности формирования урожая столовой свеклы в зависимости от глубины увлажняемого слоя почвы и доз внесения минеральных удобрений для получения высокого урожая в засушливой зоне Поволжья остается актуальным.

УДК 628.862

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ РИСКА ВТОРИЧНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

**Е.Б. Стрельбицкая, А.П. Соломина, Н.В. Коломийцев**  
ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Интенсивно нарастающие темпы техногенного загрязнения и эвтрофирования природных вод получили быстрое распространение среди подавляющего большинства водных объектов. Хозяйственная деятельность на водосборных территориях водоемов и водотоков, в том числе при мелиорации земель и их сельскохозяйственном использовании, приводит к ускорению круговорота и увеличению объема мигрирующих компонентов, которые включаются в сложные механизмы взаимодействия в звеньях трофической цепи биоценоза, определяя изменения направленности внутриводоемных процессов. Негативные последствия техногенного воздействия на природные воды проявляются наряду с ухудшением качества воды, резким возрастанием биомассы фитопланктона вплоть до «цветения» синезелеными и другими водорослями, чрезмерным зарастанием водоемов, в усилении в них процессов осадконакопления и заиления. Кроме того, в водоемах происходит ухудшение кислородного режима вследствие потребления значительной части растворенного в воде кислорода на минерализацию поступающего с водосбора и образованного в самом водоеме орга-

нического вещества, особенно в придонных слоях воды. Следствием уменьшения количества кислорода, вплоть до его полного потребления, является смена окислительных условий восстановительными. При этом накопленные в донных отложениях органические и минеральные вещества поступают обратно в воду, представляя собой источник вторичного загрязнения (Иваньковское водохранилище, 2000 и др.).

Донные отложения (ДО), являясь одним из важнейших компонентов экосистемы водных объектов, играют существенную роль в круговороте вещества, в частности в формировании их гидрохимического режима и биологической продуктивности. В зависимости от условий, сложившихся в водном объекте и от направленности процессов, происходящих на границе «донные отложения – вода», они являются либо источником пополнения водной массы минеральными и органическими соединениями, либо их аккумулятором. При взаимодействии порового раствора донных отложений с множеством минеральных фаз, а также при разложении органического вещества происходит его обогащение одними компонентами и обеднение другими. В результате этого в толще осадков и на границе «вода – дно» возникают и поддерживаются градиенты концентраций химических компонентов. Химические процессы в ДО сочетаются с физико-химическими, биохимическими и биологическими и сопровождаются молекулярной диффузией в поровых растворах, играющей ведущую роль в перераспределении растворенного вещества в материальном обмене в системе «вода – дно». Переносу растворенных веществ через поверхность донных отложений наряду с диффузией способствуют дыхательные движения организмов зообентоса и жизнедеятельность полупогруженной водной растительности, а также выделение пузырьков газа со дна водоема. Кроме того, быстрому отводу химических элементов с поверхности «дно-вода» способствует повышенная подвижность придонных слоев воды из-за увеличения скоростей течения и ветроволнового перемешивания, вызывающая взмучивание отложений, а также активная седиментация, приводящая к гравитационному уплотнению рыхлых осадков и удалению из них части поровых вод (Мизандронцев, 1990).

Интенсивность и направленность обмена подвижными формами различных веществ между донными отложениями и водой зависит от нескольких одновременно действующих факторов: количества седиментационного материала и доли в нем лабильного органического вещества, температуры, рН и Eh толщи осадков и придонного слоя воды, интенсивности микробиальных процессов, конвективного перемешивания, сдвига адсорбционно-десорбционных равновесий (Трансформация..., 1989). За счет ДО в воду водоемов может поступать от 5-6 до 15% суммарного прихода органических и минеральных соединений (для  $N_{\text{мин}}$  эта величина составляет 10%, для  $P_{\text{мин}}$  – 15%) в зависимости от кислородного режима и интенсивности водообмена водного объекта (Донные отложения..., 1987). Под воздействием хозяйственной деятельности в донные отложе-

ния поступают разнообразные вещества техногенного происхождения, заметно изменяющие направленность и результаты процессов трансформации ингредиентов в отложениях. В настоящее время в водных объектах накоплено большое количество ДО, являющихся хранилищем значительных запасов различных химических соединений, которые они могут в определенных условиях поставлять в толщу воды, превращаясь, таким образом, в источник вторичного загрязнения. Вторичное загрязнение по интенсивности нередко превосходит «первичное», во многих случаях результаты воздействия донных отложений на водные биоценозы можно оценить как экологическую катастрофу (Попов, 2001).

В связи с этим у нас в стране и во многих странах мира все чаще ставятся вопросы о необходимости снижения риска вторичного загрязнения природных вод. Для решения этой проблемы существует два направления: 1) предотвращение поступления продуктов и отходов хозяйственной деятельности в отложения для уменьшения их потенциальной отрицательной роли как поставщика в водную толщу различных веществ; 2) воздействие на сами донные отложения.

**Первое направление** реализуется внедрением технологических решений в производственные процессы, предотвращающих сброс загрязняющих компонентов в водные объекты, совершенствованием либо разработкой новых способов очистки сточных вод тех видов хозяйственной деятельности, где невозможно создание безотходных и малоотходных технологий, а также регулированием объемов и качества поверхностного стока с территории водосбора.

Еще один не менее важный аспект этого направления связан с регулированием внутриводоемных процессов. Для этого следует постоянно обеспечивать нормальный кислородный режим в водоемах, в том числе в застойных зонах, для увеличения их самоочищающей способности и ликвидации анаэробных условий в придонных слоях воды. Несмотря на то, что применение этого метода связано с большими энергетическими затратами, оно получило широкое распространение в отечественной и зарубежной практике. Способы по обогащению водных объектов растворенным в воде кислородом предлагают разнообразные установки для аэрации природных вод, применяющие ее разбрызгивание с помощью распылителей, сопел, а также другие технические решения, включающие лопастные и инжекторные устройства, перфорированные трубопроводы, прерыватели потока, использующие кинетическую энергию потока воды, подсос воздуха, подачу его под избыточным давлением. Для улучшения кислородной обеспеченности и ликвидации дефицита кислорода в водных объектах и их отдельных участках рекомендуется также создание в водной толще циркуляционных потоков и перемешивание поверхностных и придонных слоев воды, обеспечиваемые устройствами с ветровым двигателем, цилиндрами с поршнем, подъемными и опускными трубами, Х-образно соединенными трубами и т.п. (Патентная документация, 1980-2006 гг.).



Кроме того, регулирование темпов и характера осадконакопления в водной экосистеме путем воздействия на ее другие компоненты также будет способствовать снижению риска вторичного загрязнения за счет донных отложений. Для уменьшения последствий берегового разрушения и поступления в водоемы аллохтонного материала необходимо проводить укрепление береговой зоны любыми приемлемыми методами. Но наиболее важным в этом вопросе является тесная взаимосвязь интенсивности формирования донных отложений и их химического состава с уровнем трофии или степенью биопродуктивности водных объектов и характером круговорота органического вещества в них. Поэтому ограничение факторов, способствующих эвтрофированию водоемов и «цветению» воды, будет препятствовать интенсивной седиментации с максимумами в периоды пиков развития фитопланктонных сообществ, происходящей в результате нарушения равновесия продукционно-деструкционных процессов, проявляющегося в накоплении в водной системе органического вещества.

Подавление вегетации водорослей возможно осуществлять экранированием участков поверхности воды непрозрачным покрытием от солнечного света на выделенных участках водоемов (патенты Японии № 3240418, 2001 г.; США № 6413426, 2002 г. и № 6692641, 2004 г.). Для очистки воды от водорослей и органических соединений, ее рекомендуется подвергать биологической окислительной обработке с использованием насадок с иммобилизованными микроорганизмами в плавающей установке с аэрирующим устройством в нижней его части (патент Японии № 3113754, 2000 г.) или с последующей обработкой в реакторе со слоем стерилизующего реагента (патент Японии № 3552773, 2004 г.). Рекомендуется также направлять сформированный поток воды в расположенный на дне водоема корпус с насадкой с иммобилизованными микроорганизмами (патент Японии № 3224536, 2001 г.). Использование ряда биологических методов для борьбы с «цветением» воды, особенно применение для этих целей вирусов, ограничены потенциальной их опасностью для гидробионтов и человека. Снижение биомассы фитопланктона и высшей водной растительности в водоемах с высокой скоростью первичного продуцирования возможно также вселением растительноядных животных (например, брюхоногих моллюсков и карповых рыб), выкашиванием макрофитов, однако опыт применения этих методов не показал должных результатов (Эволюция..., 1988).

Предотвращению чрезмерного развития планктонных организмов в водоеме способствует добавление в воду танина или дубильной кислоты, с фенольными радикалами которой соединяются органические соединения с выпадением осадка, не разлагающегося под действием микроорганизмов и подавляющего развитие питательной среды для планктона (патент Японии № 3362168, 2003 г.). Для подавления фотосинтеза фитопланктона в водоемах предлагается также создание при помощи вертикальных водоподъемных труб циркуляционных потоков для распространения добавляемого в него реагента для обработки водо-

рослей (патент Японии № 7016661, 1995 г.). Применение химических методов воздействия (альгицидов, коагулянтов) для целей снижения продуктивности водорослей в экспериментальных работах в нашей стране и за рубежом во многих случаях приводило к локальным положительным эффектам, однако они не приемлемы для водоемов комплексного использования в связи с их потенциальной опасностью для гидробионтов (Эволюция..., 1988).

Наряду с этим рекомендуется одновременная подача в воду коагулирующего вещества и перенасыщенного под давлением раствора воздуха в воде для всплывания на поверхность биомассы водорослей, которую затем удаляют (а.с. СССР № 467931, 1975 г.), а также пропускание содержащей планктон воды из поверхностного слоя через резервуар, в котором ее выдерживают в течение 5 секунд под действием избыточного давления не ниже 4 МПа, разрушая воздушную оболочку планктона (патент Японии № 7016662, 1995 г.). Для подавления развития планктона предлагаются устройства с излучателем ультразвуковых колебаний и принудительным перемещением через него воды (патенты Японии № 3267904, 2002 г. и ЕПВ №1403221, 2004 г.), а также с использованием ламп ультрафиолетового света с длиной волны 254 нм, излучение которых направлено на поверхность воды (заявка Великобритании № 2391864, 2004 г.).

В отечественных разработках для охраны вод от биологического загрязнения предлагается охлаждение воды до температуры оседания сине-зеленых водорослей с их последующим сбором и утилизацией (патент РФ № 2068053, 1996 г.). Ухудшению условий вегетации сине-зеленых водорослей в водохранилищах для снижения их численности и биомассы способствует также дестратификация водных масс за счет периодического перемешивания воды в верхнем водохранилище путем изменения направления течения воды в его придонном горизонте на обратное при помощи переключения работы агрегатов гидроэлектростанции с турбинного на насосно-двигательный режим в ночное время суток на 2-8 часов (а.с. СССР № 1569325, 1990 г.).

**Второе направление** предотвращения вторичного загрязнения водоемов – непосредственные воздействия на донные отложения природных водоемов, обеспечивающие ликвидацию или снижение вероятности пополнения водной массы минеральными и органическими соединениями за их счет. Для решения этой задачи существует несколько подходов.

Один из них – очистка водных объектов от донных отложений. В случаях, когда запасы обменного фосфора в отложениях достигают высоких значений (в некоторых случаях они превышают его содержание в воде в 50 раз), особенно если водный объект малопроточный и мелководный, целесообразно удалять верхний 5-15-ти сантиметровый слой донных отложений (Эволюция..., 1988). В местах значительного концентрирования иловых отложений рекомендуется практиковать их удаление из водоема и использование в качестве удобрений (Донные отложения..., 1987). Однако очистка водных объектов от ДО – это

комплекс проблем научного, технического, экологического и экономического плана, решения по которым должны ответить на вопрос о целесообразности организации удаления накопленных отложений. В этом вопросе, как и в вопросе с последующим восстановлением экосистем водных объектов сегодня нет единого мнения, нет и методики, позволяющей оценивать совокупный ущерб, наносимый донными отложениями, накапливаемыми как под влиянием техногенных факторов, так и в естественных условиях (Попов, 2001).

В ФРГ существуют нормативы допустимых концентраций тяжелых металлов в донных отложениях как в аспекте экологической безопасности для водной экосистемы, так и возможного их использования в качестве удобрения (табл. 1), рекомендованные Международной комиссией по охране Эльбы (IKSE).

Таблица 1 - Безопасные концентрации тяжелых металлов в ДО (IKSE, 1999)

Элемент	Hg	Cd	Cu	Zn	Pb	As	Cr	Ni
Для водной экосистемы, мг/кг	0,8	1,2	80	400	100	90	320	120
При использовании в сельском хозяйстве, мг/кг	0,8	1,5	80	200	100	30	150	60

Директивами Европейского Сообщества (ЕС) для всех стран участниц определены обязательные нормы граничных значений содержания тяжелых металлов при перенесении ила на почвы, используемые в сельскохозяйственных целях (табл. 2). При этом значение рН почвы должно составлять 6 - 7, сами илы или ДО должны удовлетворять определенным требованиям, регулируется максимальное количество тяжелых металлов, которое может быть внесено.

Таблица 2. Граничные значения содержания тяжелых металлов для почвы и ила по сухому веществу (Директивы ЕС, 1986)

Элемент	В почве, мг/кг	В иле, мг/кг	Максимальное значение поступления тяжелых металлов, кг/га/год
Hg	1-1,5	16-25	0,1
Cd	1-3	20-40	0,15
Zn	150-300	2500-4000	30
Pb	50-300	750-1200	15
Cu	50-140	1000-1750	12
Ni	30-75	300-400	3

В ФРГ порядок переноса ила из водоочистных сооружений или донных отложений поверхностных водотоков на почву, используемую для сельского хо-

зяйства или садоводства, определяет «Предписание об иле», где также регламентируются максимальные количества, которые могут быть перенесены на поля (табл. 3). В течение трех лет может быть перенесено не более 5 т на 1 га (по сухой массе) ила или донных отложений (Экологические функции..., 2000).

Таблица 3. Допустимое содержание тяжелых металлов («Предписание об иле»)

Элемент	Максимальное значение в почвах, мг/кг		Максимальное значение в иле и ДО, мг/кг	
	pH>6	pH 5-6	pH>6	pH 5-6
Hg	1	1	8	8
Cd	1,5	1	10	5
Zn	200	150	2500	2000
Pb	100	100	900	900
Cu	60	60	800	800
Ni	50	50	200	200
Cr	100	100	900	900

*Примечание.* При значениях pH < 5 перенос илов из водоочистных сооружений, ДО поверхностных водотоков на почвы запрещен из-за опасности ремобилизации тяжелых металлов

Мероприятия по очистке водных объектов от донных отложений на пути реализации сталкиваются с достаточно серьезными проблемами, одна из них – захоронение или утилизация извлекаемых ДО техногенного происхождения, содержащих загрязняющие, в том числе токсичные компоненты, во избежание воздействия на окружающую среду. Традиционный путь изоляции отложений – создание рекультивируемых могильников, требующих свободных земельных площадей и достаточно сложной и дорогой технологии изоляции. Он используется в ряде стран, в США, например, за год изымается до 300 млн. м<sup>3</sup> ДО, часть из которых помещается в могильники. Кроме этого, традиционная переброска извлекаемых илов в виде пульпы на большие расстояния значительно удорожает процесс, при этом возникает проблема возврата отстоявшихся вод, поскольку они могут содержать заметные количества токсичных ингредиентов. При использовании технологий, позволяющих обезвоживать и брикетировать извлеченные ДО, а также перерабатывать с разделением органических и минеральных фракций для дальнейшего их использования или захоронения, возникает та же проблема с очисткой возвратных вод (Попов, 2001), которые могут быть источником загрязнения водных объектов.

В настоящее время разработано достаточно конструкций земснарядов и рабочих органов, технологических схем дноуглубительных и очистных работ, а также добычи сапропеля. Решение проблемы, характерной для всех технологий по очистке возвратных вод, может быть достигнуто применением рабочих органов, позволяющих извлекать донные осадки сравнительно небольшой влаж-

ности – до 60% (например, шнекового рабочего органа). При проведении очистных работ с помощью плавающих земснарядов в отдельных случаях возникает проблема защиты акватории от распространения пятна взмученных вод, в этих случаях могут быть применены гибкие завесы, ограничивающие район проведения работ. Организация работ по извлечению техногенных отложений бывает связана с необходимостью сведения к минимуму загрязнения акватории водных объектов ингредиентами, депонированными в поровых водах, наряду с решением вопросов по восстановлению водных экосистем.

Результаты применения способов и определенных технических решений в значительной степени зависят от конкретных обстоятельств и целей. Во многих случаях мероприятия по извлечению ДО имели очевидный положительный эффект, например (Попов, 2001): 1) строительство обводного канала с перекрытием части реки, ее осушением, размыванием ДО с помощью гидромониторов и подачей по пульпопроводу в гидроизолированные отстойники в прибрежной части, которые после заполнения засаживались травянистой и кустарниковой растительностью (р. Тагил в пределах г. Нижний Тагил); 2) очистка реки с помощью плавающих земснарядов и транспортировка пульпы на отдаленные заболоченные участки в пойме (р. Исеть в Екатеринбурге); 3) удаление из озер с помощью земснарядов сапропеля, используемого в дальнейшем в качестве удобрения (озера Вечер и Червоное в Минской и Гомельской областях) и др.

Очистка водотоков или их участков от ДО возможна также гидравлическим путем с помощью последовательного ступенчатого снижения уровня и увеличения скорости потока (а.с. СССР № 675124, 1979 г.). Для этого по длине участка водотока устанавливается ряд мембранных плотин с уменьшающейся по течению высотой, закрепленные ко дну нижними кромками и присоединенные верхними поясами к несущему тросу с устройствами для подъема и опускания. Мгновенным опусканием плотин, начиная с первой по течению, обеспечивается резкое увеличение скорости потока, необходимой для перемещения отложений по всей длине участка. Удаление отложений из рек, их переработка с извлечением вредных компонентов и дальнейшее использование для формирования нового дна без отчуждения земельных участков предлагается осуществлять разгораживанием участка русла на секции поперечными от берега до берега временными запрудами (патент РФ № 2219305, 2003 г.). Назначение секций, начиная с последней по течению реки: 1) барьер для предотвращения прорыва воды сверху; 2) разработка и удаление ДО; 3) отмывка глыб и гравия от ила и накопление пульпы; 4) выделение из пульпы песка; 5) отстаивание воды от ила; 6) формирование нового дна и заполнение ее чистой водой. Для удаления продуктов седиментации рекомендуется (патент Японии № 2872987, 1999 г.) использование временного укрывания поверхности дна листовым материалом.

Кроме удаления донных отложений из водных объектов для снижения риска их вторичного загрязнения применяются способы изолирования, стабилизации или укрепления слоя осадков, а также извлечения или разложения входящих в состав отложений токсичных веществ.

Изолирование новообразованных донных осадков возможно слоем кальцитовых, глино- и железосодержащих старых отложений с большей способностью связывать фосфаты, добытых методом бурения (заявка Германии № 300379, 1992 г.). Слой донных осадков упрочняют укладкой изолирующего покрытия, например, из пластика или текстиля, водопроницаемость которого меньше, чем у отложений, с последующим откачиванием или гравитационным отведением из-под него воды (заявка Великобритании № 2338006, 1999 г.). Экранирование осадков пленками, зольной пылью, железосодержащим песком и глиной предотвращает переход биогенных элементов в воду, однако нарушает естественные условия обитания донных животных (Эволюция..., 1988).

Для изолирования и удаления токсичных ДО водоемов с относительно слабым течением рекомендуют прорезать донный грунт рядом скважин, в которые опускают цилиндрические ловушки с гибкими рукавами, постепенно наполняемые взвешенными и увлекаемыми течением частицами токсичного материала из верхнего слоя ДО. Вокруг скважин образуют конические воронки с ориентированными к устью скважин канавками (патент США № 4902430, 1990 г.). Улучшение качества донных отложений с помощью разложения или связывания микробиологическими процессами входящих в их состав вредных веществ достигается введением соединения, получаемого посредством обмена нитрата железа или алюминия и пероксида водорода в присутствии основания, которые освобождают кислород и ионы нитратов как доноры кислорода при контакте с водой в течение продолжительного времени (патент США № 6802979, 2004 г.).

Стабилизации отложений способствует их обработка введением реагента направленными вниз струями на глубину 10-40 см (патент РФ № 2018488, 1994 г.), которую ведут с судна, оборудованного опускаемой до дна трубой с соплами. В качестве реагента рекомендуется использовать раствор или дисперсию в воде соли железа (хлорид или сульфат  $Fe^{+3}$ ) и/или вещество, регулирующее число рН (известь), после введения которых слой осадка становится устойчивым в отношении физической и химической связей, в том числе значительно снижается выделение фосфатов из ДО. Укрепление поверхностного слоя отложений может достигаться также введением в него смеси для затвердевания ила в соотношении 1:1 – 3:7 шлака и цемента, на 100 ч. которой добавлено 11-43 ч. нерастворимого гипса (патент Японии № 5-10159, 1993 г.).

В заключение необходимо отметить, что пока не существует универсального способа по снижению риска вторичного загрязнения природных водоемов и водотоков, а проводимых научно-исследовательских, конструкторских и технологических работ совершенно недостаточно для кардинального решения этой

проблемы. Это отчасти обусловлено отсутствием до настоящего времени единого методического подхода к изучению сорбционно-десорбционных процессов на границе «донные отложения – вода», а также предельно допустимых нагрузок на водоемы различных биогенных элементов и органо-минеральных соединений, при которых донные отложения еще в состоянии их переработать. Обобщив результаты теоретических и практических работ в данной области, нами сделана попытка проанализировать существующие способы снижения негативного воздействия донных отложений на качество воды и продуктивность экосистем водных объектов, данная работа не претендует на исчерпывающее решение этого сложного вопроса.

### **Литература**

1. Донные отложения водохранилищ и их влияние на качество воды / Денисова А.И., Нахшина Е.П., Новиков Б.И., Рябов А.К. – Киев: Наук. думка, 1987. – 164 с.
2. Иваньковское водохранилище. Современное состояние и проблемы охраны / В.А. Абакумов, Н.П. Ахметьева, В.Ф. Бреховских и др. – М.: Наука, 2000. – 344 с.
3. Мизандронцев И.Б. Химические процессы в донных отложениях водоемов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – 176 с.
4. Патентная документация фондов ВПТБ по СССР и РФ с 1980 г. по 2006 г. и выпуски № 38 и № 58 реферативных журналов «Изобретения стран мира» с 1990 г. по 2006 г.
5. Попов А.Н. Влияние донных отложений на состояние водотоков и водоемов // МиВХ, № 1, 2001, с. 37-40.
6. Трансформация органического и биогенных веществ при антропогенном эвтрофировании озер / Алябина Г.А., Барбашова М.А., Беляков В.П. и др. Ин-т озероведения. – Л.: Наука. Ленинградское отделение, 1989. – 268 с.
7. Эволюция круговорота фосфора и эвтрофирование природных вод / АН СССР. Институт озероведения / Отв. ред. К.Я. Кондратьев, И.С. Коплан-Дикс. – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1988. – 204 с.
8. Экологические функции литосферы / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг, Т.А. Барабошкина и др.; Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 432 с.

УДК 631.6

## **УДОБРЕНИЕ И МЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ КАК МОЩНЫЙ ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**В.Г. Сычев**

ВНИИА, Москва, Россия

Наибольшее влияние на устойчивость земледелия Российской Федерации оказывают периодически повторяющиеся засухи. Особенно засухам подвержены Северный Кавказ, Поволжье, Западная Сибирь. Даже во влажных районах северной части России в 6-17% лет агротехнические мероприятия должны быть направлены на повышение влагообеспеченности посевов, а в 30-64% лет – на

повышение теплообеспеченности и устранение избыточного увлажнения почв. В полуувлажненной лесостепной зоне агротехнические приемы в среднем в 38% лет должны быть направлены на улучшение влагообеспеченности растений, в 8% лет - на ослабляющее действие избыточного увлажнения. В полузасушливой степной зоне агротехника должна быть направлена на накопление влаги в среднем в 73% лет, а в засушливых регионах степной зоны соответственно в 93% лет. Поэтому орошение в нашей стране является необходимым фактором повышения продуктивности и устойчивости земледелия. В засушливых районах урожайность сельскохозяйственных культур от орошения повышается в 1,8-2 и более раза, а в Нечерноземной зоне – до 30% и более.

Способность растений противостоять засухе повышается с улучшением обеспечения их потребности в питательных веществах. Поэтому удобрения способствуют более эффективному использованию орошаемых земель. При их внесении отдача от водной мелиорации повышается в 2 раза и более. В свою очередь эффективность удобрений на орошаемых землях возрастает в 2-4 раза. Однако орошение не только повышает урожайность и эффективность применения удобрений, но и способствует увеличению численности многих фитофагов и сорняков. Поэтому обеспечение благоприятного для сельскохозяйственных культур фитосанитарного состояния посевов является необходимым условием рационального использования орошаемых земель, получения высоких устойчивых урожаев при хорошем качестве продукции.

Повышение плодородия почв и, соответственно, продуктивности и устойчивости земледелия является основой развития отечественного сельского хозяйства в современных условиях, обеспечения продовольственной безопасности. Основными факторами сохранения и повышения плодородия почв являются широкая комплексная мелиорация сельскохозяйственных земель, интегрированное применение минеральных удобрений и других агрохимикатов при отсутствии эквивалентных биологических и других альтернативных им заменителей, переход на адаптивно-ландшафтное земледелие и возделывание сортов (гибридов) интенсивного типа, адаптированных к местным условиям. В комплексе мер по сохранению и повышению плодородия почв, особенно орошаемых и осушаемых земель, ведущее место занимают удобрения. Однако почти десятикратное снижение объемов их применения, по сравнению с доперестроенным периодом, доведение до критических уровней работ по химической мелиорации кислых и засоленных земель, переход из-за острого недостатка сельскохозяйственной техники и энергоресурсов на примитивную агротехнику привели к резкому снижению продуктивности и устойчивости отечественного земледелия. Из-за диспаритета цен на сельскохозяйственную продукцию и средства производства, опережающего роста цен на энергоносители и другие материально-технические ресурсы и других неблагоприятных для сельского хозяйства социально-экономических условий более трети сельскохозяйственных органи-



заций являются убыточными и являются неплатежеспособными, чтобы приобрести необходимые средства производства (технику, минеральные удобрения и др.). Отечественное сельское хозяйство по объемам сельскохозяйственного производства скатилось до уровня шестидесятых годов прошлого века. В результате импортные закупки продовольствия растут и в 2005 г. составили 33%, превысив порог продовольственной безопасности [1].

Сдерживающими факторами объемов производства сельскохозяйственной продукции, роста продуктивности и устойчивости земледелия является значительное сокращение площадей сельскохозяйственных угодий, широкое распространение таких деграционных процессов, как эрозия, подкисление, засоление, опустынивание, заболачивание, обеднение почв питательными веществами [2-3].

Неудовлетворительное состояние сельскохозяйственных угодий в России продолжает ухудшаться – увеличиваются площади переувлажненных, заболоченных, кислых, подверженных опустыниванию, эрозии и дефляции почв, нуждающихся в коренном улучшении лугов и пастбищ [5].

В связи с катастрофическим снижением объемов применения органических и минеральных удобрений значительные площади почв сельскохозяйственных угодий характеризуются низким содержанием гумуса и питательных веществ, что негативно сказалось на экологии, продуктивности и устойчивости земледелия. Особенно это относится к орошаемым и осушаемым землям, использование которых немислимо без применения удобрений и других агрохимикатов. Так, по результатам обобщения ВНИИА данных агрохимической службы, по состоянию на 01.01.2004 г. 17,2% обследованной площади орошаемых земель нуждаются в известковании, 68,6% площади имеют недостаточное содержание фосфора и 64,2% - калия. Соответственно 43,5% площади осушаемой пашни требуют известкования, 59,4% имеют недостаточное содержание фосфора и 76,2% калия [6]. Значительные площади мелиорированных земель характеризуются недостаточным содержанием в почве подвижных форм микроэлементов, серы, а также кальция и магния (как элементов питания) на осушаемых землях, и нуждаются во внесении соответствующих видов удобрений. Более половины площади орошаемых земель имеют низкое содержание гумуса и, соответственно, азота.

Анализ данных об урожайности сельскохозяйственных культур на орошаемых землях в производственных условиях показывает, что она в 1,7-2 раза ниже, чем на госсортоучастках. Следовательно, потенциал продуктивности орошаемых земель в нашей стране может быть значительно выше современного состояния. Поэтому качественная сторона орошения и агротехники должны быть направлены на обеспечение благоприятных условий для возделывания сельскохозяйственных культур, в первую очередь на недопущение вторичного засоления, создание благоприятных водно-воздушного, теплового и пищевого

режимов, фитосанитарного состояния посевов. Орошение не может быть эффективным и рентабельным без сбалансированного применения удобрений и интегрированной защиты сельскохозяйственных культур от сорняков, вредителей и болезней с учетом требований охраны окружающей природной среды.

Система удобрений должна быть направлена на поддержание оптимальных уровней содержания легкоусвояемых питательных веществ и положительного баланса гумуса в почве. При орошении, с одной стороны, происходит мобилизация природных запасов питательных веществ, а с другой – увеличение потребности растений в питательных веществах и удобрениях. В то же время применение более высоких доз удобрений при орошении по сравнению с богарными условиями приводит к повышению непроизводительных потерь их и загрязнению водных объектов избыточным количеством биогенных веществ. Особенно это относится к азотным удобрениям. При промывном режиме орошаемых земель водорастворимые формы азота выносятся через коллекторно-дренажную сеть в водоемы.

Избыточное внесение не только азотных минеральных удобрений, но и органических, особенно жидкого навоза, может вызвать серьезные экологические проблемы (занитрификация продукции, эвтрофикацию водоемов и др.).

Поступление азота в водные источники происходит не только путем его инфильтрации, но и с твердой фазой поверхностного стока. При поверхностном стоке с твердой фазой азот теряется преимущественно в органической форме, поэтому меры, принимаемые для устранения потерь плодородной фракции почвы в результате ирригационной эрозии, позволят также резко улучшить экологическую обстановку в орошаемом земледелии.

В отличие от нитратной формы азота, фосфор характеризуется малой подвижностью и вынос его из корнеобитаемого слоя путем инфильтрации незначителен. Поступление фосфора в водоисточники происходит в основном с твердым стоком на эрозионно неустойчивых почвах.

Потери из корнеобитаемого слоя почвы калия происходят вследствие инфильтрации и с поверхностным стоком. Основными формами при вымывании из почвы калия являются водорастворимый и обменный.

Снижение потерь подвижного калия удобрений и почвы можно достигнуть агротехническими способами и применением общепринятых мер борьбы с ирригационной эрозией.

Серьезную опасность для окружающей среды в орошаемом земледелии представляет ненормированное по содержанию токсических веществ применение промышленных отходов, осадков сточных вод, городского мусора. Возможность использования и дозы их внесения устанавливаются исходя из фактического содержания токсических веществ и фонового содержания их в почве.

Наукой и практикой установлено, что длительное одностороннее применение одних минеральных удобрений при орошении, особенно в севооборотах без

многолетних трав, приводит к резкому снижению гумуса, потенциальной возможности почв обеспечивать получение высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, к снижению способности почв переводить остатки пестицидов и тяжелых металлов в недоступные для растений соединения. При расчете доз органических удобрений, особенно жидкого навоза, необходимо учитывать содержание в них питательных веществ, в первую очередь азота, чтобы не вызвать обострение экологической ситуации. В системе удобрений в орошаемом земледелии органические удобрения должны занимать первостепенное значение. Использование всех возможных ресурсов органических удобрений в научно обоснованном сочетании с минеральными позволит не только повысить урожай и его качество, но и резко улучшить экологические аспекты в орошаемом земледелии.

В условиях орошения особое значение в устранении негативного влияния удобрений, в первую очередь азотных, на качество продукции и окружающую среду имеют подкормки, в первую очередь азотные, обеспечивающие бесперебойное питание растений в период вегетации. Действие подкормок и их количество зависит от биологических особенностей культур, поливного режима. При оптимальном обеспечении растений влагой потребность их в питательных веществах возрастает, и допосевное и припосевное удобрение не может обеспечить требуемое питание орошаемых культур. Наиболее эффективно проведение подкормок с поливной водой – при дождевании, при поливе по бороздам и напуском. Удобрения с поливной водой можно вносить не только в период вегетации растений, но и до посева при проведении влагозарядковых, увлажнительных и освежающих поливах. Для внесения минеральных удобрений с поливной водой используют готовые формы – ЖКУ, КАС, а при приготовлении маточных растворов из твердых туков – мочевины, аммиачную селитру, хлористый калий, аммофос марки «А», которые полностью растворяются в воде.

Особое внимание заслуживают мероприятия, предупреждающие ухудшение почвы в результате осолонцевания, засоления и заболачивания. Для борьбы с осолонцеванием почв при орошении применяется гипсование. Гипс улучшает физико-химические свойства почв, повышает их водопроницаемость. Наряду с гипсом для химической мелиорации солонцовых почв хорошие результаты дает применение фосфогипса.

В целях предупреждения процессов осолонцевания, а также для мелиорации солонцов вносят гипс с поливной водой. При дождевании концентрация гипса в поливной воде должна составлять около 2 г/л.

### **Литература**

1. Гордеев А. Повышать инвестиционную привлекательность сельского хозяйства. АПК: экономика, управление, 4'06, с. 2-4

2. Статистические материалы и результаты исследований развития агропромышленного производства России – М., Россельхозакадемия, 2006, 28 с.

3. Агропромышленный комплекс России в 2005 г., М, МСХ РФ, 2006, 568 с.

4. Ларионова А.М. Проблемы развития мелиорации в России. В сб. научных трудов «Проблемы и перспективы развития мелиорации, водного и лесного хозяйства» Под ред. Г.А.Романенко – М., ВНИИА, с. 147-154

5. Концепция мелиораций сельскохозяйственных земель в России. Под общей редакцией А.В.Гордеева и Г.А.Романенко – М., МГУП, 2005, 71 с.

6. Сычев В.Г., Кузнецов А.В., Павлихина А.В. и др. Агрехимическая характеристика почв сельскохозяйственных угодий Российской Федерации (по состоянию на 1 января 2004 года) – М., ВНИИА, 2005, 184 с.

УДК 631.862:631.674.1

## **МЕХАНИЗАЦИЯ ВНЕСЕНИЯ ПОДГОТОВЛЕННЫХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ КРС ПОВЕРХНОСТНЫМ ПОЛИВОМ ПО БОРОЗДАМ**

**А.А.Терпигорев, А.М.Буцыкин, Л.П.Рева**  
ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна, Россия

Подаваемые на орошение подготовленные стоки бесподстилочного содержания КРС характеризуется влажностью до 98% при содержании сухого вещества не более 2 % размером твердых частиц до 8 мм и активной реакции среды (рН) до 6...8. Предельно-допустимый химический состав подготовленных стоков для полива по бороздам регламентируется сухим остатком 6 г/л, содержанием общего азота 1,5 г/с, свободным аммиаком до 2 мг/л, и содержанием сульфидов, хлоридов, сульфатов, кальция, натрия и магния соответственно- 100; 200; 500; 550; 270 и 270 в мг/л.

Внесение стоков КРС с поливной водой с помощью дождевальных установок получило широкое распространение в США, ФРГ, Великобритании ещё в 60-х годах прошлого столетия. В РФ для внесения подготовленными животноводческими стоками разработан ряд дождевальных машин (ДДН-70, ДДН-100С, ДМУ-Ас «Фрегат», ДКН-80 и дальнеструйные аппараты ДД-30 и ДД-50).

Производительность внесения стоков с поливной водой дождевальными машинами ниже, чем вывозка их на поля цистернами-жижеразбрасывателями (РЖТ-4, РЖТ-8, РЖТ-16). При этом затраты на транспортировку и внесение в 2,4 раза меньше, а одновременное их внесение с оросительной водой увеличивает урожай многолетних трав на 30...40%.

Однако внесение стоков дождеванием требует высоких давлений в оросительной сети, более тщательной очистки, загрязняет воздух и подземную часть

растений, создания широких санитарных зон до 1000 м от жилья и допустимой скорости ветра до 3 м/с, при этом не исключается контакт человека со стоками.

Исследованиями, проведенными в ГДР, установлено, что впитывание стоков происходит при значительно меньших скоростях впитывания, чем чистой воды и зависит от их вязкости и содержания в них сухого вещества (%). На песчаных почвах скорость впитывания может изменяться от 13,9 до 5,47 мм/ч, на глинах – от 2,33 до 0,8 мм/ч. Даже при малой концентрации сухого вещества в стоках (0,3%) скорость их впитывания в 4 раза меньше, чем воды.

Нашими исследованиями установлена взаимосвязь начальных скоростей впитывания стоков от концентрации сухого вещества /1/.

$$K_{1C} = \frac{K_{1B}}{1 + 5,4(C - 0,1) + a(C - 1)}, \quad (1),$$

где  $K_{1B}$  и  $K_{1C}$  - коэффициент начальной скорости впитывания воды и стоков;

$C$  – содержание в стоках сухого вещества, %;  $a$  – опытный коэффициент, зависящий от концентрации стоков: при  $C \leq 1\%$ ,  $a=0$ , при  $C > 1\%$   $a=15,8$ .

Процесс впитывания стоков по времени протекает по известной закономерности, предложенной А.Н. Костяковым, на основании которой по содержанию сухого вещества в стоках, можно проследить изменение скорости впитывания стоков во времени

$$K_{tc} = \frac{K_{1B}}{\left[ 1 + 5,4(C - 0,1) + a(C - 1) \cdot t^{(a_b + a_c)} \right]}, \quad (2),$$

где  $\alpha_b$ ,  $\alpha_c$  – соответственно, показатель затухания скорости впитывания воды и стоков, определяемый как  $\alpha_c = \alpha_c + fC$  при  $f=0,25 \dots 0,2$  – для сильноводопроницаемых почв, при  $f=0,15 \dots 0,20$  – для средней и слабой водопроницаемости почв;  $a_b$  -показатель степени затухания впитывания воды почвой, получаемый опытным путем или по рекомендациям: для почв хорошей структуры  $\alpha = 0,333$ ; средней структуры – 0,6 и для слабоструктурных почв  $\alpha = 0,75$ .

Процесс впитывания воды почвой по уравнению (2) (рис.1) сохраняется до образования на дне борозды кольматирующей пленки из сухого вещества и пылеватых частиц почвы. Время образования критической толщины пленки определяется по эмпирической зависимости

$$t_{кр} = 90(2,2 - C), \text{ мин.} \quad (3).$$

Впитывание стоков после образования кольматирующей пленки происходит в 2,5...20 раз медленнее, чем скорость фильтрации и практически не зависит от типа почв. Продолжительность впитывания поливной нормы 400-500 м<sup>3</sup>/га по сравнению с поливом чистой водой протекает дольше в 8-10 раз и

практически не увеличивается после 2-3 часов полива, что и определяет ограниченную величину поливной нормы стоков.

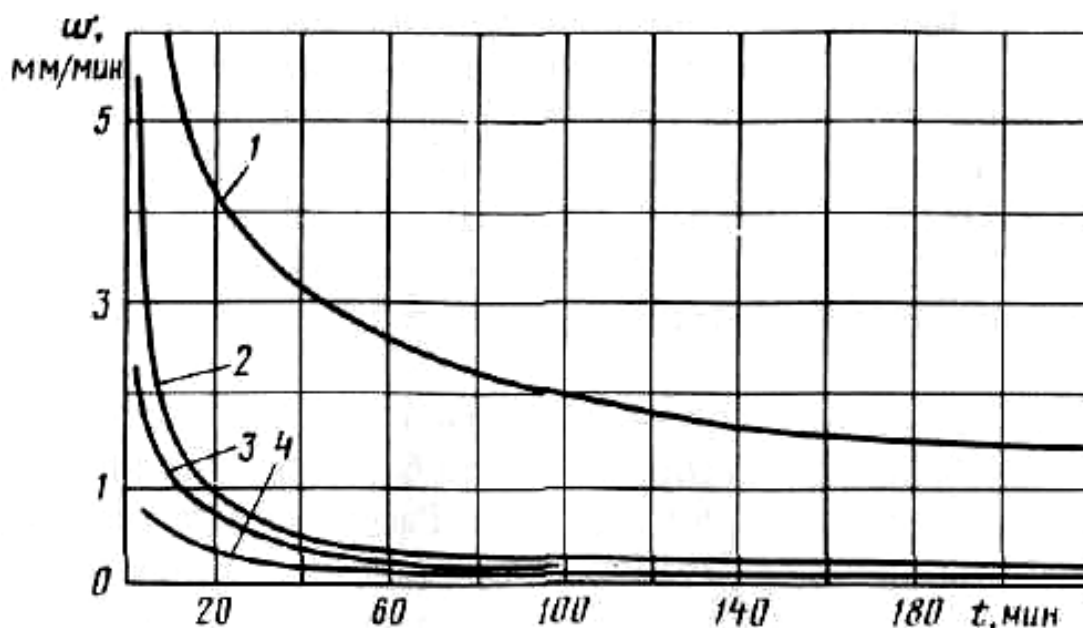


Рисунок 1 - Скорость впитывания чернозёмом обыкновенным воды (1), стоков влажностью 99,5 % (2), 98,9 % (3) и 98,4 % (4)

Время добега стоков по борозде в соответствии с известной формулой А.Н. Костякова с учетом зависимости (2) может быть представлена в виде

$$t_{\text{дог}} = \left[ \frac{f_{\text{ср}} \cdot d \cdot K_{1c} \cdot l}{(1 - a_c) \cdot q} \right]^{\frac{1}{a_c}}, \quad (4),$$

где  $f_{\text{ср}}$  – активный смоченный периметр в сечении борозды, определяемый по зависимости  $f_{\text{ср}} = 0,111 \left( \frac{q}{\sqrt{i}} \right)^{0,29}$ , м,  $\delta$  – коэффициент, учитывающий накопление стоков в борозде,  $K_{1c}$  – скорость впитываемости стоков в первую единицу времени, м/ч,  $l$  – длина борозды, м,  $a_c$  – показатель степени затухания скорости впитывания стоков, равный  $a_c = a_e + 0,24 C$ ,  $q$  – расход стоков, подаваемый в борозду, л/с,  $i$  – уклон борозды.

Содержание питательного элемента в стоках в % от сухого вещества и поливная норма  $m$  должны подбираться таким образом, чтобы его содержание ( $r$ , %) не превышала допустимую дозу удобрений (например по азоту  $n \cdot N \leq 300$  кг/га)

$$N = 10 \cdot r \cdot n.$$

Лабораторно-полевые исследования показали, что содержание сухого вещества в подготовленных стоках существенным образом влияет на скорость их впитывания и продвижение по борозде. С увеличением их содержания скорость впитывания резко уменьшается, а скорость пробега по борозде – увеличивается (рис.2) /2/.

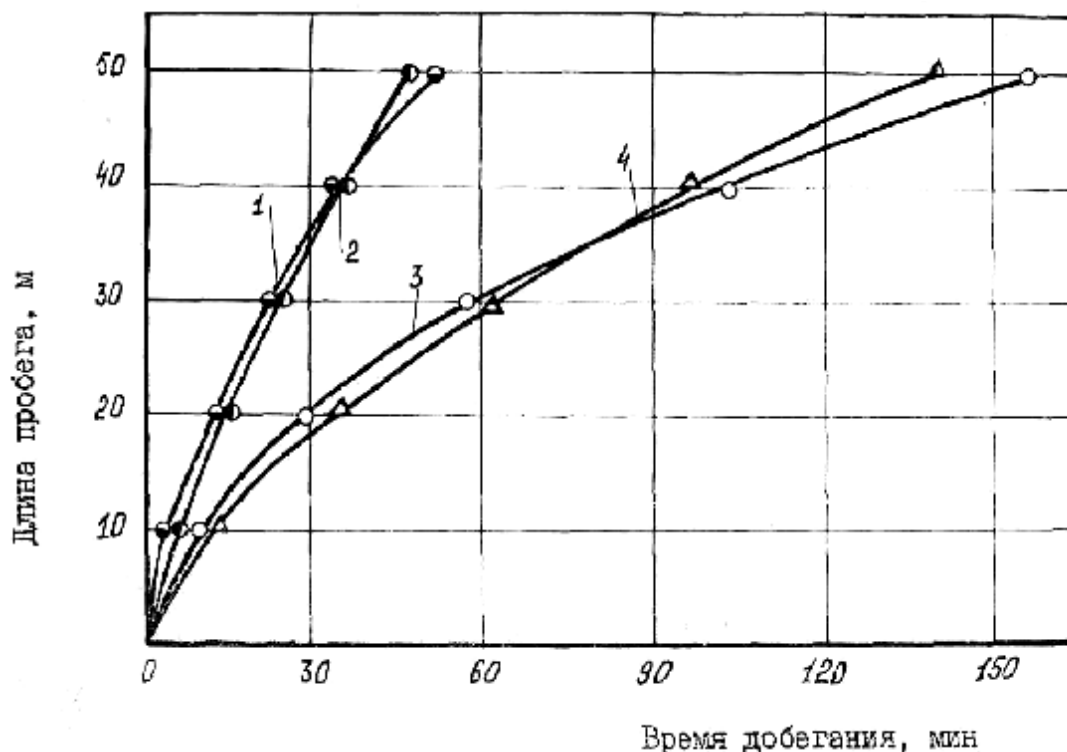


Рисунок 2 - Продолжительность пробега воды и стоков по борозде  $q_b=q_c=0,25$  л/с; 1,2 – стоки с  $C=0,7$  %, соответственно расчётная и опытная ( $K_{1C}=0,021$  м/ч,  $\alpha_c=0,6$ ); 3, 4 – вода, соответственно расчётная и опытная ( $K_{1B}=0,09$  м/ч,  $\alpha_b=0,5$ ) длина пробега, уклон

Динамика продвижения стоков по борозде и ограниченная величина поливной нормы определяет целесообразность их полива по коротким, в том числе по заполняемым, бороздам. Однако, полив по коротким бороздам трудно механизировать.

В основе разработанной ВНИИ "Радуга" технологии полива подготовленными стоками по бороздам заложена экологически безопасная технология полива - полив с рассредоточенной подачей расхода по длине поливных борозд. Эта технология представляет собой подачу воды в длинную борозду постоянным расходом из рассредоточенных по их длине водовыпусков с минимальным стоком воды в концевую часть всей борозды, где он перехватывается бороздами-щелями, нарезанными поперек борозд специальными долотами, установленными на культиваторе.

В отличие от известной (США) трудоемкой технологии полива с рассредоточенной подачей расхода переносными жесткими поливными трубопроводами США во ВНИИ «Радуга», вопрос механизации полива решен за счет приме-

нения колесных трубопроводов с гибкими поливными шлейфами, оснащенными водовыпусками специальной конструкции, предотвращающих их засорение длинноволкнистыми включениями, и оригинальным узлом их подсоединения к колесному трубопроводу в виде свободно вращающейся муфты.

В результате отработки технологии и технических средств полива в составе всего технологического комплекса машин для возделывания сельскохозяйственных культур для полива по бороздам подготовленными стоками ВНИИ "Радуга" разработана универсальная шлейфовая машина ТКУ-100.

Машина имеет три модификации по длине: 200, 300 и 400 м. Каждая модификация машины состоит из двух колесных трубопроводов (крыльев), каждое крыло представляет собой жесткий трубопровод диаметром 150 мм длиной от 200 до 400 м, на котором, как на оси, жестко закреплены опорные колеса. Через каждые 50 м на трубопроводе установлены вращающиеся муфты, оснащенные гибкими поливными шлейфами с водовыпусками, расположенными на расстоянии, равном ширине междурядий. Разработанная методика гидравлического расчета поливных шлейфов позволяет достигнуть равномерности распределения расходов по их водовыпускам  $\pm 10\%$  /3/.

Для предотвращения размыва почвы водовыпуски оснащены гасителями. Для обеспечения равномерного распределения воды по шлейфам, в зависимости от уклона местности вдоль оси трубопровода в его муфтах устанавливаются стальные калиброванные диафрагмы.

ТКУ-100 состоит из двух крыльев (рис.3). В середине каждого крыла установлена приводная тележка. Приводная тележка может быть оснащена двигателем внутреннего сгорания или электроприводом мощностью 1,5 кВт. Применение электропривода наиболее целесообразно для полива подготовленными стоками при групповой работе машин ТКУ-100. Для электропривода таких машин применяется передвижной генератор, смонтированный на тракторе ТМ-16.

Работает поливная машина от гидрантов напорной сети, давление на гидранте назначают в зависимости от модификации машины. При длине крыльев 200; 300 и 400 м, давление составляет, соответственно, 0,15- 0,20 МПа, а расход на машину (2крыла) - 55; 82 и 108 л/с. Борозды должны быть нарезаны перпендикулярно линии гидрантов. Для осуществления полива крылья ТКУ-100 устанавливают у гидранта вдоль борозд, при этом шлейфы располагаются перпендикулярно к ним, а водовыпуски - против борозд. Сезонная нагрузка на ТКУ-100 при длине крыльев 400 м составляет до 80 га.

Показатели технологического процесса полива приведены в таблице 1.

Последующая промывка поливной машины чистой водой после внесения заданной нормы стоков способствует доувлажнению почвы и переносу нитратов с верхних слоев почвы в пахотный слой, что увеличивает коэффициент их использования корнями растений.



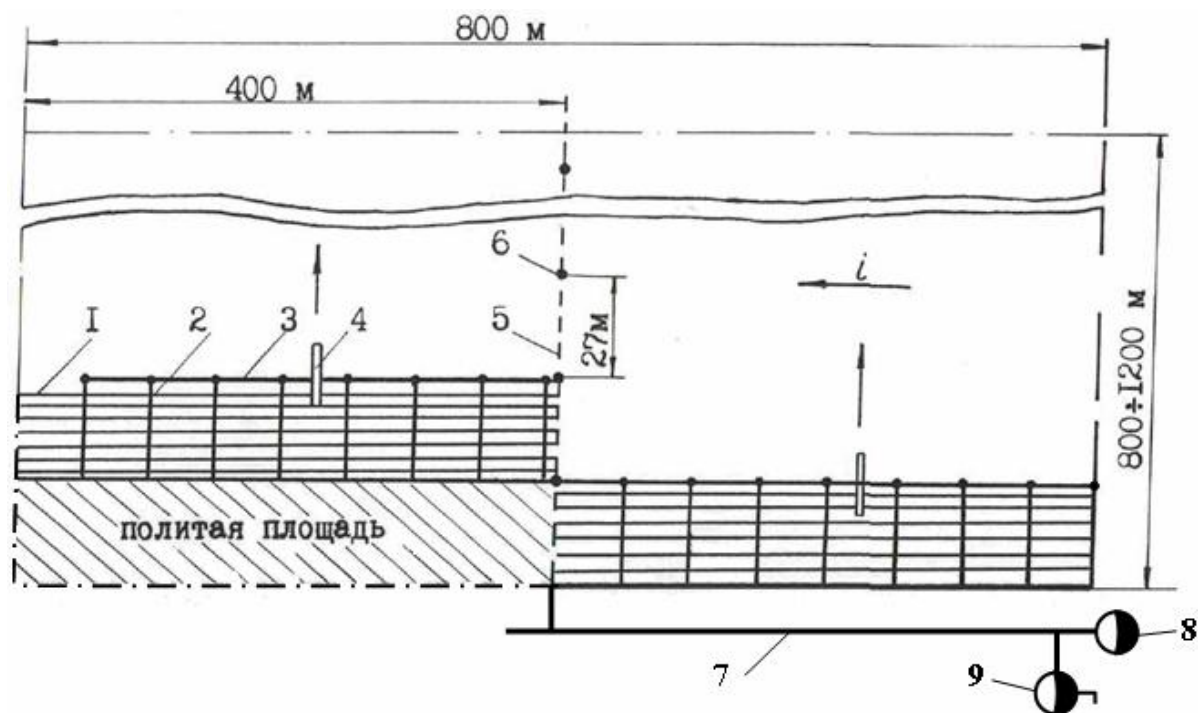


Рисунок 3 - Технологическая схема работы ТКУ-100:

1- поливные борозды; 2 – поливные шлейфы; 3 – крыло трубопровода; 4 – приводная тележка; 5 – закрытый оросительный трубопровод; 6 – гидрант; 7 – распределительный трубопровод; 8, 9 – насосные станции для воды и стоков;  $i$ - уклон

Полив по бороздам подготовленными стоками КРС шлейфовой машиной ТКУ-100 применяется для орошения сельскохозяйственных культур высотой до 1 м (люцерна, ячмень, суданская трава и т.д.) на спланированных участках с уклонами от 0,008 до 0,02. Модификации машины могут использоваться индивидуально на отдельных участках или при групповой работе на севооборотном массиве (восьмипольный севооборот: четыре поля - многолетние травы, два – кукуруза на силос и два - озимая пшеница или ячмень). При расходе машины 110 л/с и напоре на гидранте 15-20 м, площадь каждого поля может достигать 70-80 га, норма внесения стоков за один полив может составить 160.. 450 м<sup>3</sup>/га в зависимости от водопроницаемости почв и уклонов.

Производственный опыт эксплуатации универсального поливного трубопровода ТКУ-100 показал, что применение его на поливе по бороздам со стоками позволяет обеспечить:

- снижение конечных сбросов в 2-3 раза за счет технологии рассредоточенной подачи воды по длине поливных борозд и их полное исключение при нарезке в концевой части борозд поперечной щели специальным долотом на культиваторе КРН-4,2;

- повышение равномерности увлажнения почвы по длине поливных борозд до 0,82-0,85 против 0,6-0,68 при традиционном поливе и доведение КПД техники полива до 0,90-0,92;

- повышение урожайности орошаемых культур за счет повышения равномерности увлажнения почвы на 0,3-0,4 т/га (хлопчатник) за счет внесения удобрений на 30-40 %;

- повышение сезонной производительности труда поливальщика с 15 до 80 га, возможность проведения полива при скорости ветра до 12 м/с;

- повышение санитарной безопасности работы поливальщика при орошении животноводческими стоками, снижение охранно-санитарной зоны до 150 м;

- снижение энергетических затрат при проведении полива в 3 раза по сравнению с поливом дождеванием базовыми машинами ДКШ-64 "Волжанка" и ДКН-80.

Таблица 1 - Технологические параметры модификаций ТКУ

Наименование параметров	Модификация машин		
	ТКУ-100	ТКУ-01	ТКУ-02
Расход машины (два крыла), л/с	108±10%	82±10%	55±10%
Давление на гидранте, МПа	0,015	0,015	0,015
Длина колесного трубопровода (крыла), м	400	300	200
Расход шлейфа, л/с	6,8	6,8	6,8
Расход водовыпуска, л/с	0,2	0,2	0,2
Длина шлейфа, м	26,2	26,2	26,2
Передвижная электростанция	1шт. на 3 машины		
Мощность электродвигателя привода, кВт	1,5	1,5	1,5
Коэффициент использованного эксплуатационного времени	0,81	0,81	0,81
Производительность за 1 час основного времени(при поливной норме 600 м <sup>3</sup> /га), га	0,64	0,49	0,33
Обслуживающий персонал	1тракторист-оператор на 2 машины.		

Полив стоками по бороздам ТКУ-100 рекомендуется применять на почвах средней и высокой водопроницаемости при содержании сухого вещества до 1,5% с подачей расходов 0,1-0,3 л/с в диапазоне уклонов 0,004-0,007.

Потенциальная потребность в разрабатываемой технологии и созданной поливной машине ТКУ-100 по результатам районирования может составить от 25 до 47 тыс.га. ТКУ-100 может быть использована как для полива подготовленными стоками, так и для полива чистой оросительной водой, а также для полива дождеванием, что расширяет зону применения разработанной машины.

## **Литература**

1. Буцыкин А.М., Митрюхин А.А., Терпигорев А.А., Рева Л.П.. Расчет элементов техники полива при орошении животноводческими стоками //Гидротехника и мелиорация. 1983, №7.
2. Терпигорев А.А., Пензин М.П., Буцыкин А.М., и др. Способ полива., АС № 982597, Открытия. Изобретения. 1982 № 47.
3. Рева Л.П. Полив сельскохозяйственных культур по бороздам шлейфовыми машинами. Автореферат канд.диссерт., М., 1990
4. Терпигорев А.А., Буцыкин А.М., Рева Л.П. Методика гидравлического расчета поливных трубопроводов и шлейфов для поливных машин, установок и устройств. ВНИИ "Радуга", Коломна, 2004
5. Проектирование оросительных систем с поливом дождевально-поливной унифицированной машиной ТКУ-100 (Пособие к СНиП 2.06.03-85), Союзводпроект, М., 1989
6. Терпигорев А.А., Грушин А.В., Жирнов А.Н. Повышение санитарно-экологической безопасности орошаемых агроландшафтов. КГПИ, Коломна, 2006.

УДК 631.67

## **ТЕХНОЛОГИИ МАЛОИНТЕНСИВНОГО ОРОШЕНИЯ ДЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ**

**А.А. Терпигорев, А.В. Грушин, А.Н. Жирнов**  
ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна, Россия

Темпы роста отечественного производства овощной продукции и урожайность отстают от общемировых тенденций, которые, по данным мирового Саммита (Рио-де-Жанейро, 1992 г.), потребуют ежегодного увеличения урожайности сельскохозяйственных культур на 3-4 %. Дефицит продукции сельского хозяйства в нашей стране и рост численности населения земного шара диктует необходимость освоения новых интенсивных технологий для их производства. Эта ситуация при сегодняшних технологиях земледелия приведет к большим антропогенным нагрузкам на агроландшафты, снизят их экологическую устойчивость и могут привести к необратимым процессам, в т.ч. к потере урожайности и деградации почв. Историческое прошлое интенсивной эксплуатации пахотных земель на Руси является ярким тому примером, когда обеднение почв вынуждало забрасывать ранее освоенные земли.

Из множества показателей обеспечения роста и развития растений, в первую очередь должны быть обеспечены световой, водный, пищевой и тепловой режимы. По значимости эти факторы, влияющие на прибавку урожая, распределяются следующим образом: мелиорации, в т.ч. водные – 49 %; погодные условия – 15 %; посевной материал – 8 %; прочие условия – 31 %. Таким образом, орошение и питательные элементы являются главным резервом повышения урожайности. Орошение является не только средством обеспечения водных и

питательных режимов, но в острозасушливые годы, наступающие с периодичностью 2-3 года, является единственным гарантом сохранения урожая.

Для орошения сельскохозяйственных культур применяются различные способы орошения: дождевание поверхностное, внутрпочвенное и капельное.

Каждый из этих способов имеет свои достоинства и наиболее эффективную зону и условия применения. Однако при интенсивной антропогенной нагрузке вопрос выбора наиболее экологически безопасного способа орошения представляет особый интерес.

При внутрпочвенном орошении подача воды осуществляется непосредственно в подпочвенный слой активной зоны корнеобитания, исключая всякий контакт воды и переносимых ею химических и бактериологических ингредиентов с надземной частью растений. Этот момент отражает внутрпочвенный способ орошения, как наиболее экологически чистый при использовании для полива подготовленных хозяйственных и животноводческих стоков при всё возрастающем дефиците водных ресурсов и проблеме утилизации стоков.

При внутрпочвенном орошении подача оросительной воды к растениям осуществляется под действием капиллярных сил почвы. Разработанная ВНИИ «Радуга» система внутрпочвенного орошения с полиэтиленовыми перфорированными увлажнителями предназначена для орошения сельскохозяйственных культур, плодово-ягодных насаждений во всех зонах орошаемого земледелия как условно чистыми, так и хозяйственными сточными и смешанными водами населенных пунктов. Механизированная технология бестраншейной укладки увлажнительной сети позволяет повысить производительность и сократить сроки строительных работ. Полиэтиленовые увлажнители диаметром 25...40 мм и длиной до 200 м укладываются в почву на глубину до 60 см навесным бестраншейным укладчиком НБУ-ПТ. На водопроницаемых грунтах под увлажнитель укладывается экран из полиэтиленовой пленки укладчиком НБУ-ПТЭ, позволяющий расширить зону контура увлажнения и уменьшить инфильтрацию.

Такая система внутрпочвенного орошения безотказно работала в экспериментальном хозяйстве ВНПО "Радуга" Коломенского района, на площади 30 га в течение 18 лет при орошении хозяйственными сточными водами посёлка. Она была ликвидирована в 1985 г. только в результате строительства новой автодороги Москва-Урал.

На участке внутрпочвенного орошения экспериментального хозяйства ВНПО "Радуга" при многолетнем внесении смешанных хозяйственно-бытовых и животноводческих стоков, содержащих органические и минеральные вещества, повысилось плодородие, и активизировалась микробиологическая деятельность почвы. За счет накопления органики, вносимой с водой, количество гумуса в слое 25...40 см возросло от 1,07 до 1,82 %, количество легкоподвижных форм аммиачного азота увеличилось от 4,3 до 6,2 мг на 100 г почвы, фосфора -

от 6,9 до 36 мг на 100 г почвы; в зоне прокладки увлажнителей снизилась кислотность почвы. Эти положительные изменения произошли ввиду того, что в 1000 м<sup>3</sup> стоков содержится до 40 кг азота, 20 кг фосфора, 50 кг калия (И. Пак, Л.И. Передкова).

Использование смешанных сточных вод при внутрипочвенном орошении позволяет получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур. При 6...8 поливах поливной нормой 300...600 м<sup>3</sup>/га урожайность многолетних трав составила 46 т/га, кукурузы на силос – 63,3, свеклы кормовой – 118,5, пшеницы озимой – 4,8 т/га. При этом коренным образом изменяются условия труда оператора-поливальщика, отсутствует контакт человека со стоками, исключается воздействие стоков на растение и атмосферу.

При капельном орошении вода подается на поверхность корнеобитаемой зоны, создавая минимальный контакт вегетирующих растений с водой.

Системы капельного орошения наиболее автоматизированы и рациональны, но в настоящее время преимущественно базируются на использовании сравнительно дорогого зарубежного оборудования, что осложняет его эксплуатацию и ремонт. Его высокая стоимость, достигающая 130 тыс. руб./га для открытого грунта и 520...780 тыс. руб./га для теплиц, пока недоступна для фермеров. Разрабатываемые отечественные системы капельного орошения и их разновидности находятся в стадии производственной проверки или предназначены для орошения садов и виноградников.

При импульсно-капельном орошении, как и при обычном капельном орошении, вода подаётся на поверхность корневой зоны. Для импульсной водоподдачи ВНИИ «Радуга» разработан модуль системы импульсно-локального орошения садов (МИЛОС) с площадью обслуживания до 0,5 га. Установка состоит из двухметровой вышки с накопительной ёмкостью, гидравлического распределителя потока жидкости и поливной сети в виде перфорированных трубопроводов длиной до 50 м (рис.1б).

В отличие от традиционного капельного орошения вода к растениям подаётся в виде струек, в импульсном режиме, через отверстия (1,5...3,0 мм), в десятки раз превышающие диаметр канала капельницы. Принцип её работы основан на аккумуляции постоянно поступающего к ней малым расходом 0,4...0,6 л/с воды в накопительную ёмкость объёмом 150...200 л с последующим быстрым ее поочерёдным распределением по одной из нескольких секций поливных трубопроводов, уложенных вдоль рядов насаждений. Эта технология позволяет снизить энергозатраты на поливе в 5-6 раз и использовать напор в 3 и более метров. Импульсная водоподача с очень малой интенсивностью, близкой к водопотреблению растений, создает наиболее благоприятный для растений водный режим орошаемого поля.

Применение полива по бороздам требует планировки поверхности земли, что приводит к дополнительным затратам на первой стадии освоения, но они

быстро окупаются. Современные технологии планировки с использованием лазерной техники позволяют подготовить орошаемую поверхность с точностью  $\pm 3-5$  см с минимальным перемещением грунтов. Ровная поверхность обеспечивает при орошении снижение величины поливной нормы и повышает равномерность её распределения по площади. Выровненная поверхность поля улучшает развитие растений, в т.ч. огурцов, моркови и капусты. Снижение поливных норм до их оптимальной величины обеспечивает получение экологически-обоснованных урожаев и снижает нагрузку на водоисточник в пиковый период водопотребления, что также повышает устойчивость агроландшафтов.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 1 - Схемы и виды технических средств орошения:  
 а) ТКП-90 на поливе картофеля; б) МИЛОС-М в косточковом саду;  
 в) КСИД-1 в яблоневом саду; г) импульсное дождевание салата  
 с применением КСИД-Р

Разработанная ВНИИ "Радуга" механизированная технология полива длинных 400-метровых борозд путем рассредоточенной подачи расхода воды по их длине через каждые 50 м, решает вопросы экономного использования оросительной воды: концевые сбросы не превышают 5-10 %, а равномерность распределения сокращенных в 2-3 раза поливных норм достигает 0,85. Производи-

тельность на поливе повышается за счет увеличения суммарной величины подаваемого расхода в длинную борозду без возникновения эрозии почвы.

Для механизации и повышения производительности на поливе с рассредоточенной подачей расхода разработан ряд поливных машин и устройств, в т.ч. ТКУ-100, ТКП-90 и их разновидностей – ПТ-Ш, ТК-П; проходит разработка передвижных поливных комплектов для мелкоконтурных участков площадью до 20 га. Поливные машины ТКП-90 и ТКУ-100 представляют собой колесный трубопровод на базе ДКШ-64 «Волжанка», на котором вместо дождевальных аппаратов через каждые 50 м установлены поливные шлейфы (рис.1а).

Сравнительные испытания полива ТКУ-100 и полива из гибких шлангов показали, что равномерность увлажнения почвы с рассредоточенной подачей воды составила 0,76 против 0,6, а величина сброса не превысила 1,2 % против 7,1%. Более высокая равномерность увлажнения почвы способствовала повышению урожайности орошаемых культур: хлопчатника – на 0,4-0,5 т/га и люцерны – на 0,4-0,6 т/га. Энергетические затраты на водоподъем и распределение 1000 м<sup>3</sup> воды при поливе ТКП-90 и ТКУ-100 составили – 42 кВт/ч, что в 3 раза меньше, чем при дождевании базовыми машинами ДКШ-64 «Волжанка» и ДКН-80.

Для полива пропашных культур на мелкоконтурных участках и в садах проходит разработку передвижной поливной комплект ППК-25 с подачей воды по коротким заполняемым бороздам или по длинным бороздам с рассредоточенной подачей постоянного и переменного расхода по их длине, состоящий из унифицированных тележек, соединенных между собой гибкими трубопроводами и оснащенный поливными шлейфами. Унифицированные тележки снабжены барабанами для намотки звена водопроводящего гибкого трубопровода (шланга) и рукояткой для её перемещения вручную.

При смене позиций водопроводящие гибкие шланги отсоединяют от тележек, наматывают на барабаны и перекачивают; а отсоединенные поливные шлейфы перемещают в осевом направлении поперек поливных борозд.

Для полива овощных культур в условиях Московской области длина поливных шлейфов составляет 18 м, а величина расходов их водовыпусков не более 0,2 л/с.

Основные технические характеристики поливных машин для поверхностного полива приведены в таблице 1.

При дождевании вода попадает на вегетативную часть выращиваемых растений, а затем уже проникает в почву, что в некоторых случаях отрицательно сказывается на устойчивости растений к болезням. Различная по интенсивности дождя дождевальная техника по-разному оказывает влияние на устойчивость агроландшафта. Выбор способа полива в данной ситуации играет немаловажную роль на качественные и количественные показатели формируемого урожая.

Таблица 1 - Основные технические характеристики машин для поверхностного полива

Наименование показателей	Типы поливных машин		
	ТКУ-100	ТКП-90	ППК-25
	Значение показателей		
Расход воды, л/с	110	90	25
Напор на гидранте, м	20...25	20	20...25
Длина поливных шлейфов, м	18; 27	18; 27	18; 36
Расход воды шлейфа, л/с	до 6,5	6,0	6,5-7,0
Напор на входе в шлейф, м	3,0-3,5	2,0-3,8	2,0-4,0
Расход водовыпуска, л/с	не менее 0,2	до 0,22	0,2/0,07
Площадь полива с одной позиции, га	1,44	1,44	0,36 (0,72)
Масса, кг	2700	2500	600
Обслуживающий персонал, чел./маш.	1 / 4	1 / 4	1 / 3

Для условий зон с недостаточным увлажнением целесообразны малообъёмные технологии и техника орошения садов в виде синхронно-импульсного дождевания. 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. 1в) и КСИД-10 являются одно- и десятигектарными блок-участками (модулями) для строительства стационарных и сезонно-стационарных оросительных систем различной площади. Проходит разработку КСИД-Р для малоинтенсивного дождевания участков площадью до 0,35 га (рис.1г).

Комплект СИД 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 крат-



ковременной 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:

- 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 выплеска воды, обеспечивает низкую среднюю интенсивность искусственного дождя до 0,007 мм/мин, что позволяет использовать комплект на всех типах по водопроницаемости почв, с 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 выплесков, 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;

- малоинтенсивное длительное воздействие на почву, позволяет 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 в течение всего вегетационного периода 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 – 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, исключаяющие перенос солей в верхние горизонты и их засоление.

СИД является водосберегающей технологией:

- оросительная норма снижается за счёт повышения на 20-25 % продуктивного аккумулирования и использования естественных осадков в слое активного влагообмена;

- длительное направленное воздействие на микроклимат приземного слоя воздуха за счёт импульсного характера дождевания повышает влажность воздуха в термически напряжённые периоды суток на 10-20 %, а температуру снижает на 1-3 °С. 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 импульсное воздействие дождя непосредственно на наземную часть 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 дозированного ввода их централизованно в голову 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 потребную пропускную способность и диаметр трубопроводной сети последнего порядка до 1 дюйма, 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 прошла в широком диапазоне климатических поясов от Ивановской области на севере до Молдавии, Крыма, Закавказья и республик Средней Азии на юге, где дефицит водопотребления находится в пределах от 1 до 10 тыс. м<sup>3</sup> на 1 га.

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.Ф. Носенко, Т.Е. Аравина).

В горных условиях на участках с уклоном до 10-30° (Таджикистан), ранее не орошаемых, получены высокие урожаи трав (более 100 т/га зелёной массы) с сенокосных угодий. В плодо- и лесопитомниках Казахстана достигнута высокая приживаемость (до 85 %) черенков и саженцев, против 46-60 % на контроле.

Модифицированной разновидностью СИД является комплект малоинтенсивного синхронно-импульсного дождевания КСИД-Р с рассредоточенной подачей аккумулируемой в импульсных дождевателях воды не через один аппарат, а через 12, позволяющий резко снизить мгновенную интенсивность дождя до 0,004 мм/мин. Работа комплекта как в импульсном, так и непрерывном режимах водоподачи даёт возможность осуществлять при необходимости влагозарядку почвы до требуемой исходной влажности и продолжать дождевание в импульсном режиме нормами суточного водопотребления. С 2005 г. КСИД-Р проходит опытно-производственную проверку в условиях Краснодарского края на орошении зеленных культур.

Перечисленные способы орошения позволяют одновременно с поливной водой вносить и растворимые минеральные удобрения.

Результаты обобщенных данных показывают, что продуктивный вынос питательных элементов из почвы на 1 т товарной продукции по основным элементам питания N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O соответственно составляют 3,2-9,5; 1,1-3,3; 4,5-12,5 кг. Внесение этого количества по традиционным технологиям в туках под пахоту требует увеличения их норм внесения в 1,5-4,5 раза. При этом заранее внесенные удобрения не всегда могут быть эффективно использованы растениями в нужное время. Внесение с поливной водой в прикорневую зону легкодоступных для растений солей снижает их потребление растениями из почвы и позволяет сэкономить до 30 % удобрений, а внесение антагонистов тяжелых металлов и радионуклидов (Ca<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>), обеспечивает получение более экологически чистой продукции.

Уровень механизации разрабатываемых технических средств поверхностного полива, подпочвенного и капельного орошения достаточно высок.

Разработанные технологии и техника орошения, оснащённая устройствами для ввода удобрений с поливной водой, имеют все предпосылки получения программируемых урожаев сельскохозяйственных культур при экономии материальных и энергетических ресурсов и обеспечения охраны окружающей среды.

УДК 635.1/8:161.67(470.45)

## **ОСОБЕННОСТИ ОРОШЕНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**В.А. Федосеева**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Благодаря применению капельного орошения удалось повысить урожайность овощных культур. Такие изменения объясняются тем, что новая технология ориентирована на стимуляцию генеративного роста культур. Растения во-

время в необходимом количестве получают и питание, и воду, а постоянно наблюдая за их состоянием, можно оперативно вмешиваться, корректировать ежедневные программы полива и подкормок.

По данным исследования израильской компании «Нетафим», капельное орошение в России используют треть крупных тепличных хозяйств, 20% средних и шестая часть мелких. Капельное орошение – не просто высокотехнологичная «лейка», при такой технологии повышение урожайности вызвано не столько поливом, сколько внесением под каждое растение дробных доз удобрений, причем в количестве, строго необходимом для данной фазы развития культуры. Такая фертигация позволяет исключить возникновение у растения солевого стресса. К тому же с переходом на капельное орошение не только повышается урожайность, но и на две-три недели ускоряется созревание первого урожая. Да и качество самой продукции улучшается, так как овощные культуры растут при благоприятной влажности (равномерность распределения влаги – 99%) и получают сбалансированное питание. По подсчетам, установка системы капельного орошения для открытого грунта обходится в \$1–6 тыс./га, для закрытого – от \$20 до 55 тыс./га в зависимости от сложности оборудования.

При выборе системы капельного орошения для открытого грунта обычно учитываются такие показатели, как площадь и линейные размеры полей, угол и направления уклонов, состав почвы, климатические особенности, глубина залегания грунтовых вод и расстояние до источника воды. Например, уклон более чем в 1° ограничивает длину капельных лент, если они укладываются вверх по склону.

При выборе системы капельного орошения необходимо обращать внимание на качество самих капельниц. Желательно, чтобы они были самоочищающимися и имели защиту от внешних загрязнителей. По конструкции капельницы бывают с компенсацией давления или без нее. Компенсация достигается с помощью клапанов и лабиринта внутри капельницы, используемых вместе или в отдельности. В капельницах последнего поколения есть также собственный сетчатый фильтр, силиконовая диафрагма и бассейны для защиты от прорастания корневых волосков на тот случай, если капельную линию поместят под землю. У системы Т-Таре (США) вместо подающих трубок и капельниц есть единая капельная линия: внутри нее вода сначала поступает в турбулентный канал, регулирующий равномерность расхода воды по всей длине, а затем через щелевидный водовыпуск каплями выходит наружу.

Среди других преимуществ отмечается то, что при капельном поливе не размывается корневая система растений и у них прекращаются грибковые заболевания, так как на листья не попадают водяные капли. По данным компании «Нетафим», в России по малообъемной технологии сейчас выращивается 20% томатов и 5% огурцов.

В грунтовых теплицах обычно используется интегральное капельное орошение, когда между грядами растений лежит трубка со встроенными капельницами. Аналогичные системы используются в открытом грунте при выращивании томатов, картофеля и винограда. В таких системах расстояние между капельницами не всегда равно расстоянию между растениями. Оно рассчитывается исходя из равномерности полосы смачивания в прикорневой зоне. Равномерность зависит от «номинального расхода капельницы», состава почв и особенностей выращиваемой культуры. Так, на тяжелых почвах примерное расстояние между капельницами равно 0,5 м, на средних – 0,4 м, на легких – 0,3 м. Чем плотнее расположены гряды растений и чем меньше расстояние, тем более низкую производительность капельниц следует выбирать.

Для достижения высокой точности дозирования удобрений в системе устанавливаются миксеры, которые забирают заданное количество маточных растворов удобрений, смешивают их и подают в систему орошения. На выходе кислотность и электропроводность раствора проверяются и в случае необходимости корректируются. В открытом грунте используются дозирующие системы инжекторного типа, когда концентрированные удобрения впрыскиваются в поливную трубу через определенные промежутки времени. Но растворы при этом получаются неравномерными, хотя заданные параметры в среднем за один полив выдерживаются. Благодаря этому системы для грунта в два-три раза дешевле, чем для малообъемной технологии.

Бесперебойность работы системы капельного орошения зависит от качества воды и удобрений. Например, если вода «жесткая», то ее нужно подкислять, иначе капельницы забьются отложениями солей. Перед попаданием в систему вода должна очищаться от механических примесей, для чего на входе обычно ставятся песчано-гравийные и другие фильтры. Они обеспечивают уровень фильтрации до 120 микрон. Рекомендуется проводить анализ поливной воды из скважин минимум дважды в год, а речной – ежемесячно. Для наилучшего контроля за состоянием растений необходимо проводить полный агрохимический анализ рабочего раствора, дренажа и субстрата каждые две недели и, если требуется, корректировать программы полива.

Удобрения, подаваемые через систему капельного орошения, должны обладать высокой растворимостью, если вдруг в растворе окажется балласт или осадок, то капельницы быстро забьются и их придется менять на новые. Прочистить же их невозможно.

Дренажные воды также могут использоваться для повторного полива, поскольку в них сохраняются соли – остатки удобрений, не усвоенных растениями. Такие воды разбавляют чистой водой, пропускают через дисковые фильтры, дезинфицируют с помощью ультрафиолетовых ламп. Далее воды анализируют с помощью датчиков концентрации и кислотности, корректируют по со-

держанию макро- и микроэлементов, после чего отправляют в миксеры для перемешивания и затем на полив.

В основу проводимых нами исследований закладывался двухфакторный полевой опыт. Для исследований 1-го фактора были выбраны 3 варианта по водному режиму почвы с поддержанием предполивного порога влажности в активном слое почвы на уровнях 70%, 80% и 90% наименьшей влагоемкости. Второй изучаемый фактор – пищевой режим почвы включал 2 варианта доз внесения удобрений  $N_{110}P_{45}K_{50}$ ,  $N_{150}P_{60}K_{75}$ . Повторность опытов трехкратная.

Исследования показали, что выход товарной продукции томатов находится в прямой зависимости от улучшения водного и пищевого режима почвы. При повышении предполивного порога от 70 до 90% НВ на фоне внесения  $N_{110}P_{45}K_{50}$  урожайность томатов в среднем увеличилась с 52,8 до 82,8 т/га. Увеличение дозы внесения удобрений с  $N_{110}P_{45}K_{50}$  до  $N_{150}P_{60}K_{75}$  на фоне водного режима почвы с допустимым снижением влажности активного слоя почвы до 70% НВ способствовало повышению урожайности с 57,7 до 63,1 т/га. В варианте допустимого увеличения влажности почвы до 90% НВ эффективность соответствующего увеличения дозы внесения удобрений характеризовалась повышением урожайности с 84,7 до 90,8 т/га (табл. 1).

Таблица 1 - Динамика урожайности томатов в открытом грунте в зависимости от режимов орошения, т/га

Дозы удобрений, кг/га	Предполивная влажность почвы, % НВ	урожайность		
		2004 г	2005 г	2006 г
$N_{110} P_{45} K_{55}$ (210 кг/га)	70	52,8	58,8	57,2
	80	62,1	68,8	67,5
	90	75,6	82,8	80,2
$N_{150} P_{60} K_{75}$ (285 кг/га)	70	57,7	63,1	60,1
	80	69,8	73,6	72,5
	90	84,7	90,8	89,6

Получение запланированных урожаев плодов томата при капельном орошении обеспечиваются следующими сочетаниями регулируемых факторов:

- на уровне 60 т/га – поддержание предполивного порога влажности в слое 0,5 м не ниже 70% НВ и внесением дозы удобрений  $N_{110} P_{45} K_{55}$ ;
- на уровне 80 т/га – соблюдением режима орошения 90% НВ, расчетного питательного режима  $N_{110} P_{45} K_{55}$ ;
- на уровне 100 т/га - поддержание предполивной влажности почвы 90% на фоне удобренности почв  $N_{150} P_{60} K_{75}$ .

Расчетные величины поливных норм при повышении предполивного порога влажности почвы в слое 0,5 м от 70 до 90 % НВ уменьшались соответственно со 142 до 58 м<sup>3</sup>/га. Продолжительность полива при этом сокращалась соответственно с 4 до 2 часов при увеличении оросительной нормы в среднем за три года исследований с 1136 до 2538 м<sup>3</sup>/га.

Подача поливных норм рассчитана на промачивание почвы по контуру увлажнения до глубины 0,5 м (табл. 2). Довольно продолжительное распределение во времени малых поливных норм полностью исключает питание грунтовых вод и размыв плодородного слоя почвы. Негативным последствием капельного орошения является образование белого солевого контура на поверхности поля, проходящего по границе увлажнения на всех исследуемых режимах орошения. Однако повышенное содержание в них карбонатов не представляет опасности.

Таблица 2 - Структура суммарного водопотребления томатов в открытом грунте при капельном орошении

Предпо- ливная влажность, % НВ	Годы иссле- дований	Ороситель- ная норма		Приход влаги от осадков		Используйва- ние запасов почвенной влаги		Суммар- ное во- допот- ребление, м <sup>3</sup> /га
		м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%	
90	2004	2268	67,6	623	18,6	464	13,8	3354
	2005	2538	68,4	584	16,8	587	15,8	3709
	2006	1539	57,7	1074	40,3	53	2,0	2606
	Среднее	2115	65,2	760	23,5	368	11,3	3243
80	2004	1998	64,2	623	20,0	493	15,8	3113
	2005	2295	64,6	584	16,4	673	19,0	3553
	2006	1296	52,8	1074	43,8	84	3,4	2454
	Среднее	1863	61,3	760	25,0	417	13,7	3040
70	2004	1922	62,8	623	20,4	517	16,8	3061
	2005	2194	63,0	584	16,8	702	20,2	3481
	2006	1136	52,1	948	43,5	96	4,4	2181
	Среднее	1751	59,3	718	26,9	438	13,8	2908

Экологическая безопасность изучаемого способа орошения характеризуется высоким водосбережением, отсутствием проявления ирригационной эрозии почв и подпитывания грунтовых вод, получением экологически безопасной по содержанию нитратов продукции.

Капельное орошение является одной из самых дорогостоящих систем орошения. Поэтому очень важно максимально продлить срок эксплуатации ка-

пельного оборудования. Правильная эксплуатация в течение сезона, своевременное проведение профилактических и ремонтных работ позволяют существенно удлинить срок работы системы. Однако одним из главных элементов является правильная подготовка всей системы к хранению в зимний период.

УДК 631.165(635.64:631.674.5)

## **ВОДНЫЙ РЕЖИМ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ И ГИБРИДОВ ТОМАТОВ ПРИ ОРОШЕНИИ ДОЖДЕВАНИЕМ В УСЛОВИЯХ ВОЛГО-ДОНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ**

**Ю.П. Фоменко**

Волгоградская ГСХА, Волгоград, Россия

Волго-Донское междуречье занимает достаточно обширную территорию и характеризуется сложными природными условиями. Эта часть Волгоградской области достаточно обеспечена теплом и характеризуется недостаточным естественным увлажнением.

Высокая теплообеспеченность и широкое развитие орошения позволяют возделывать практически все овощные культуры. При этом следует отметить, что Волгоградская область по объему производства овощей находится в Южном Федеральном округе на третьем месте после Краснодарского края и Ростовской области.

Одной из основных овощных культур в данном регионе являются томаты. На их долю приходится от 43 % до 50 % валового сбора овощей. Во всех крупных подсобных и личных хозяйствах томаты возделываются в условиях орошения: преимущественно дождеванием и, частично, при поверхностных поливах и капельном орошении.

Высокая продуктивность, широкое распространение, хорошие вкусовые качества и многообразие использования позволяют считать томат одной из самых распространенных культур в нашем регионе.

Следует отметить, что на протяжении последних лет урожайность томатов в хозяйствах остается невысокой. Урожайность томатов, возделываемых в хозяйствах, остается невысокой. Для повышения продуктивности этой культуры необходимо прежде всего совершенствовать существующие режимы орошения, привязывая их к применяемой оросительной технике (в первую очередь, к дождевальным машинам), подбирать дозы удобрений для получения планируемых урожаев в хозяйствах с различной обеспеченностью ресурсами, вводить новые сорта и гибриды при сохранении плодородия почв.

Одним из вопросов исследований в 2002...2004 гг. было определение сочетания регулируемых факторов (водного и пищевого режимов почвы) для широко распространенного гибрида томата «Рио-Гранде» в сравнении с райониро-



ванным сортом «Новичок» на фоне 3 уровней минерального питания, рассчитанных под планируемую урожайность 70, 80, 90 т/га, при поливе дождеваль- ной машиной кругового действия «Фрегат».

В процессе исследований изучались 3 режима орошения 75-65, 85-75 и 85% НВ в различные межфазные периоды (высадка рассады - плодообразование, плодообразование – полная спелость).

Поддержание определенного водного режима почвы оказывает существенное влияние на режим орошения томатов. При возделывании гибрида «Рио- Гранде» в варианте с нижним порогом влажности активного слоя почвы 75-65% НВ проводилось в среднем 9...10 поливов поливной нормой 400-550 м<sup>3</sup>/га при среднем межполивном периоде 9 дней. Оросительная норма при этом составила 4867 м<sup>3</sup>/га. Поддержание предполивной влажности почвы на уровне 85-75% НВ потребовало увеличения общего количества поливов в среднем до 16 с одно- временным снижением поливной нормы до 250-400 м<sup>3</sup>/га и уменьшением меж- поливного периода до 6-7 дней. При этом оросительная норма на данном вари- анте режима орошения возросла до 4875 м<sup>3</sup>/га. Для того чтобы выдержать ре- жим орошения 85% НВ, было необходимо провести в среднем 20 вегетацион- ных поливов нормой 250 м<sup>3</sup>/га, при этом оросительная норма в среднем за 3 го- да исследований составила 5417 м<sup>3</sup>/га, а межполивной период сократился до 4...5 дней.

Основные закономерности формирования режима орошения сорта «Нови- чок» были идентичны гибриду «Рио-Гранде». Поддержание заданных предпо- ливных порогов влажности при поливе «Новичка» потребовало проведения меньшего количества поливов (в среднем по всем режимам орошения на 1...2), что повлекло за собой уменьшение оросительной нормы до 4417...5083 м<sup>3</sup>/га.

Доля оросительной воды в структуре суммарного водопотребления имела значительную величину -82,1...99,5%. В зависимости от режима орошения доля участия запасов почвенной влаги по годам исследований изменялась от 0,5 до 13,9% . Учитывая большое различие погодных условий в различные годы про- ведения исследований, установленная величина участия в структуре суммарно- го водопотребления продуктивных осадков находилась в пределах от 0 до 13%.

Суммарное водопотребление сорта томата «Новичок» при различных ре- жимах орошения изменялось по годам исследований от 4623...5418 м<sup>3</sup>/га (75- 65% НВ) до 6041...6155 м<sup>3</sup>/га (85% НВ). Аналогичные показатели для гибрида «Рио-Гранде» оказались выше на 6,9...8,7%.

Поскольку гибрид «Рио-Гранде» при прочих равных условиях формировал большую по сравнению с сортом «Новичок» продуктивность товарных плодов, рассчитанные для него коэффициенты водопотребления и затрат оросительной воды оказались существенно ниже аналогичных показателей для сорта «Нови- чок», что позволяет нам сделать вывод о том, что возделывание гибрида «Рио- Гранде» в условиях Волго-Донского Междуречья позволяет нам получать более

высокие урожаи высококачественной продукции при снижении затрат оросительной воды на формирование 1 т товарной продукции.

УДК 631.4

## **ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ С МИКРОРЕЛЬЕФОМ (ГЕТЕРОЗЕМЫ) И ЕГО РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

**А.П. Хохлюк**

ФГНУ ДальНИИГиМ, Владивосток, Россия

Выявление природы развития и формирования почвенного покрова (ПП) с микрорельефом или почвенных комплексов в современном почвоведении является трудноразрешимой проблемой, чему свидетельствует наличие большого количества мнений, точек зрения, гипотез. Проникая в историю изучения гетероземов (почвенных комплексов), анализируя выдвигаемые теоретические соображения исследователей, активно участвующих в изучении этих почвенных образований, необходимо все концепции разделить на несколько групп, авторы которых придерживаются определенных факторов почвообразователей: криогенная, галитогенная, биогенная.

К первой группе гипотез относятся исследователи, которые за основу генезиса комплексов или гетероземов принимают проявление в той или иной форме криогенез. Так С.Л. Кушев (1939) считает, что бугры и грядки из них на бугристых марях образовались в процессе промерзания деятельного слоя между зимней и вечной мерзлотой; бугры-могильники (Мордвинов, 1940) на марях образовались в результате деградации вечной мерзлоты путем нарастания таличных пространств. А.А. Григорьев (1970) при изучении тундрового микрорельефа, широко распространенного в субарктическом поясе, установил, что образование бугорков связано с выпучиванием тиксотропной массы с образованием пятен выливания, имеющих выпуклый профиль.

Гетероземы, широко распространенные в зонах южной тайги, лесостепи, где встречается вечная мерзлота, мощный сезоннотающий слой почвы. Их называют: в Каннской лесостепи – бугристо-западинный микрорельеф, образовавшийся в бывших вместилищах ледяных жил; в лесостепи Центральной Сибири – карманистые черноземы, образовавшиеся в результате криогенного растрескивания почвы с последующим заполнением этих трещин органическим веществом; в темнохвойных лесах Приангарья – буры пучения образуют бугристый западинный рельеф; в более суровых условиях Прибайкалья наблюдается интенсивное перемещение почвенной массы, погребение почвенных горизонтов (Паршиков, 1980; Воробьев, 1991).

Почвенно-географические исследования европейской тундры и лесотундры, субарктических тундр, а также зоны лесотундр показали, что мерзлотные

комплексы (гетероземы) имеют криогенную природу, связанную с выпучиванием, вымораживанием, активным развитием внутрпочвенных криотурбаций, с морозной трещиноватостью, солюфликционными тистропными явлениями и термокарстовыми процессами. Как считает большинство исследователей, рассматриваемые гетероземы, независимо от районов распространения, имеют одну и ту же природу происхождения и состоят из полигонов, пятен, бугров, понижений, ложбин, трещин, седловин и т.д.

Ко второй группе исследователей относятся ученые, связывающие развитие почвенных комплексов с тем или иным проявлением засоления или осолонцевания почв. Однако, с позиции галитогенеза, засоление солонцовых комплексов, как считают многие авторы, явление вторичное, а первопричиной является создание микрорельефа, генезис которого объясняют по-разному: застаиванием и перемещением ветром снеговых, талых и дождевых вод на сравнительно ровных площадках, деятельностью землероев, механическим воздействием ветра на верхние горизонты, процессами выщелачивания воднорастворимых солей, неравномерным распределением растительности и т.д.

Образование комплексности Прикаспийской низменности как считает А.А. Роде (1953) связано с наличием первоначального микрорельефа, после выхода территории из-под Каспийского моря. А.Г. Доскач (1964) образование микрорельефа связывает с перераспределением атмосферных осадков по неровностям рельефа, вызывающее локальное выщелачивание растворимых солей ведущих к образованию западин. Бугорки образовались в результате разрыхления подсолонцовых горизонтов, соленакоплению и вспучиванию поверхности на местах засоления.

Солонцовые комплексы Северо-Западного Прикаспия в прошлом относились к одному засоленному типу почв, но после дифференциации профиля в понижениях начали развиваться темноцветные почвы западин, на буграх – солонцы, на склонах светло-каштановые почвы (Панов и др., 1970). Особенностью III сухих степей составляет набор почв: солонец – каштановые – лугово-каштановые.

Почвенный покров Сарпинской низменности, Нижнего Поволжья, Волго-Уральского междуречья охватывает две почвенные зоны: каштановых и бурых полупустынных почв и, как установлено, они залегают вместе с солонцовыми комплексами и сочетаниями других почв. Южная часть Западной и Восточной Сибири в почвенном покрове имеет широкий спектр почвенных комплексов: степные, лугово-степные, луговые, черноземно-солонцовые, каштаново-солонцовые солонцовые и др. В почвенном покрове пустынно-степной зоны и зоны сухих степей Урало-Кушумского междуречья широко распространены лугово-степные трехчленные комплексы: солонцы на микроповышениях, каштановые на склонах и лугово-каштановые в микропонижениях. Если повышения

засолены, то микропонижения с лугово-каштановыми почвами промыты от солей, иногда до глубины грунтовых вод (Ротов, 1977).

Отсюда следует, что развитие и природа солонцовых комплексов не зависит от природно-климатических условий, и их объединяющей чертой является нано- и микрорельеф, образующиеся в процессе литогенеза в результате суффозионно-просадочного явления. В классификационно-таксономическом отношении они имеют один и тот же спектр почв с различием в засолении или опреснении.

К третьей группе относятся комплексы, образование которых связано с биофитогенезом. Некоторые исследователи основную роль в формировании микрорельефа отводят роющим животным, где примером могут служить обширные территории Прикаспийской низменности (Киселева, 1976), лесостепные черноземы Курской области (Фридланд и др., 1973).

Значительная роль в формировании микрорельефа играет растительность. Фитогенные бугры шорово-бугристых комплексов в солонцовых пустынях образовались за счет аккумуляции около растений рыхлого материала, переносимого ветром, а иногда, возможно, и водой (Монахов, 1975). Аналогичным образом образовались медальонные почвы лесостепи зоны Омской области. Важным фактором формирования ПП в лесах являются вывалы почвы с корнями падающих деревьев, в результате чего образуются бугорки и западины. В ельниках южной тайги в почвенном покрове регулярно возникают и развиваются ветровальные почвенные комплексы (Карпачевский и др., 1979).

Краткий обзор исследовательских работ показывает, что при различных биоклиматических условиях генезиса почвенных комплексов их всех объединяет характерный микрорельеф. Большинство почвоведов считают, что почвенный комплекс следует рассматривать как гетерогенный (пространственно-неоднородный) элементарный почвенный ареал, в котором компоненты генетически взаимосвязаны, а не как простой набор разных почв. В силу традиционно сложившихся представлений они имеют множество названий, что делает совершенно невозможной их систематику и, по нашему мнению, препятствует изучению. Мы предлагаем дать этим почвенным неоднородностям общее название **гетероземы** (Хохлюк, 2006). Это понятие отвечает существу вопроса более чем комплексность.

Широкое распределение гетероземов на равнинно-долинные территории России принуждает их использовать в сельском хозяйстве, что осложняет получение сельскохозяйственной продукции. Сложность заключается в том, что эти почвы обладают неблагоприятными вводно-физическими и физико-химическими свойствами, сильно выраженной внутрипрофильной контрастностью и сложной СПП, неравномерным пространственным распределением плодородия по компонентам гетерозема. Негативные особенности почвы даже за 10-15-летний срок освоения не удается ликвидировать. Но еще более важное

допускать и не создавать условий для появления гетероземов на вновь освоенных землях, где их до освоения не было. Для этого необходимо разработать такие методы освоения, которые не вызывали бы появления новых или реставрацию старых гетероземов (Королюк, 1971).

Кратко остановимся на технологиях использования гетероземов в сельскохозяйственном обороте. При использовании солонцовых гетероземов в Ростовской области используют мелиоративные вспашки трехъярусным плугом, но уже на 4 год отрицательные агрономические свойства гетероземов восстанавливаются. На фоне внесения глиногипса в дозе 12т/га под вспашку эффект последствий сохраняется на протяжении 4-5 лет (Скуратов, Науменко, 1981). Глубокая плантажная вспашка проявляется в длительном сохранении рыхлого сложения мелиорируемого слоя, рассоление верхней метровой толщи. Оптимальное протекание мелиоративного процесса, предотвращающее реставрацию отрицательных особенностей, связано со СПП, с регулированием гидрологического режима.

Солонцовые гетероземы пустынно-степного Заволжья характеризуется исключительной сложностью строения почв, что определяет резко выраженную пространственную пестроту урожаев и большие трудности в их использовании. Так, при орошении одинаковым количеством воды солонцы (микрповышения) насыщаются в течение 2-3 лет и в результате ежегодно недополиваются. Темноцветные почвы западин при каждом поливе получают воды в избытке. Для улучшения почв комплекса начали использовать мелиоративную обработку рыхлителями конструкции ВНИИГиМа на фоне навоза и фосфогипса. Ликвидировать комплексность, как считают В.М. Федорина и А.И. Максимова (1993), можно только с применением капитальной планировки.

Почвенный покров Нижнего Поволжья также обладает гетерогенностью, что составляет проблему их рационального использования, заключающуюся в выравнивании пахотного слоя и рассолонцевании пахотного профиля. Неблагоприятные водно-физические и агрономические свойства сохраняются 10 лет и более. Основным звеном улучшения почв Заволжья является глубокое рыхление без оборота пласта на глубину 50-60 см, что ведет к ликвидации отрицательных свойств. Оптимизация благоприятных водно-физических свойств солонцовых гетероземов сухостепной зоны Поволжья возможна только при химической мелиорации солонцов, ликвидации микрорельефа, создания однородного корнеобитаемого слоя (Зимовец, 1989).

Центральная часть Каннской лесостепи представлена бугристо-западинным микрорельефом, где слагающие его компоненты значительно отличаются по продуктивности. Урожай яровой пшеницы на буграх в 2-2,5 раза ниже, чем в западинах. Поэтому нормальное использование их в сельском хозяйстве требует глубокого мелиоративного воздействия. Как отмечает Н.В. Орловский (1970), освоение мелкобугристых гетероземов в Сибири весьма за-

труднительно в силу слабой их изученности. Урожай зерновых получают ничтожный. При вспашке наблюдается развитие водной и ветровой эрозии. Еще в меньшей степени изученности находятся бугристые маревые и тундровые пространства Дальнего Востока, Крайнего Севера. Освоение подобных территорий находятся на уровне модельного или микроделяночного эксперимента (Макеев и др., 1979).

Работами И.Т. Степанец (1975) установлено, что рассолонцевание происходит не за счет мелиорантов, а в большей степени за счет механического перемешивания разнокачественных по составу обменных катионов генетических слоев гетерозема. Это значит, что мелиоративные вспашки в большей мере разрушают основу гетероземообразования, чем химические методы. Отсюда следует, что для успешного освоения и использования гетероземов, в том числе как мерзлотных, так и солонцовых, необходимо применять такие методы воздействия, которые обеспечивали бы в полной мере ликвидацию основ как физической, так и химической природы гетероземообразования. Однако практика показала, что ликвидировать неоднородность ПП и предотвратить реставрацию ГОП в настоящее время не удастся, что свидетельствует о недостаточной изученности генезиса гетероземов.

Анализируя выше изложенные технологии освоения и использования гетероземов видим, что на практике выбирались и внедрялись варианты, показавшие наиболее высокий эффект результативности, т.е. методом «тыка». В целом технологии разрабатывались для почв, относящихся к группе моноземов, что в полной мере соответствовало и почвенному процессу моноземообразования. Эти разработки автоматически переносились и на гетероземы.

Нами было установлено, что гетероземообразование (ГО) по своей природе кардинальным образом отличается от моноземообразования. Если рассматривать гетероземы на фоне общих представлений о почвообразовании, почвенном выветривании, то необходимо считать, что нормальные почвы (моноземы) формируются на фоне образования хемогенных продуктов выветривания, где ведущая роль принадлежит продуктам воднорастворимой природы, которые перемещаются по вертикали профиля почвы и фиксируются в определенных участках, формируя тот или иной набор генетических горизонтов. При гетероземообразовании ведущими продуктами почвенного выветривания являются «подвижные» формы суспензионного материала и его горизонтально-вертикальное физико-механическое пространственное перемещение, формирующее специфическое строение марфонов и вертикальную дифференцированность с образованием дырчатого ПП.

Сущность гетероземообразования состоит в массообмене почвенного суспензионного вещества, спонтанно образующегося на определенной эволюционной стадии, в подъеме из горизонта В на поверхность почвы и смещения горизонта А на место выноса. Следовательно, технологию использования гетеро-

земов необходимо строить с учетом направленности развития ГО, способствуя его скорейшему завершению. Существующие методы использования гетероземов как раз и направлены на временное прекращение их развития, не затрагивая основу их проявления.

Если ГО развивается на протяжении тысячелетий, то мы должны функции ГО выполнить в тысячи раз быстрее, то есть «сиюминутно». Эти быстродействующие приемы включают выемку почвенной массы верхней части почвенного профиля. Мощность выемки регламентируется глубиной суточного колебания температур, а также погружением органического вещества и его запасов в микрорепрессиях. Одновременно с выемкой почво-грунта будет полностью разрушен механизм активного массоподъема суспензионного материала. Вынутый грунт складывается в бурты, кулисы, с последующим перемешиванием массы до гомогенного состояния. При необходимости в почвенную массу вносят минеральные удобрения микроэлементы навоз, торф, известь, гипс и т.д. После такой подготовки производят возврат почво-грунта на место выемки.

Рациональная технология освоения гетероземов состоит из нескольких технологических блоков. Первый блок – культуртехнические работы, включающие удаление древесных насаждений, кустарников, кочек, первичное выравнивание поверхности. Второй блок – гомогенизация почвенно-грунтовой массы, включая выемку почво-грунта, буртование, измельчение. Третий блок – планировка, состоящая из возвращения гомогенной массы с последующим тщательным выравниванием поверхности. Блок окультуривания – дополнительная дозаправка химмелиорантами, удобрениями, посев культур-освоителей с последующим занятием пропашными культурами, с переходом на овощные и зерновые севообороты.

УДК (083.75) : 628.1 : 571.75

## **СИСТЕМА НОРМ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ СИБИРИ**

**М.С. Чернятин, Т.Л. Чанчикова**

ФГУП СибНИИГиМ, Красноярск, Россия

Со времени своего создания в 1971 году институт СибНИИГиМ занимается вопросами оптимизации водного режима почв с учётом различных почвенно-климатических условий на сельскохозяйственных землях Восточной Сибири. Для этого институтом разрабатывались научно-обоснованные индивидуальные нормы водопотребления для каждой сельскохозяйственной культуры и режим орошения как совокупность числа, сроков и норм полива. Нормы и режимы орошения устанавливались опытным путём на орошаемых землях Краснояр-

ского края, Читинской, Иркутской и Кемеровской областях, Республик Хакасия и Тыва.

При сравнении норм водопотребления, определяемых по биоклиматическому методу с использованием биологических коэффициентов интерполяцией для Сибирского региона, с фактическими нормами, полученными опытным путем для условий конкретной зоны и сельскохозяйственной культуры, было обнаружено значительное завышение первых. Вследствие этого нормы водопотребления, рассчитанные по фактическим биологическим коэффициентам стали ниже и близкими к оптимальным, чем интерполированные нормы, которые рекомендовались не только в проектах для обоснования водообеспеченности, но и использовались при непосредственном орошении. Для отдельных культур снижение нормы орошения составило от 20 до 40%. Продолжительное использование высоких поливных норм при орошении сельскохозяйственных культур приводило к завышению капитальных затрат на создание и эксплуатацию оросительных систем. При этом избыток воды создавал предпосылки к развитию негативных процессов, связанных с повышением уровня грунтовых вод и поднятию к корнеобитаемому слою почвы избытков минеральных солей, в некоторых случаях они имели место. Как контрмера этому неизбежному процессу на оросительной системе строилась дренажная сеть, которая удорожала её стоимость.

Уже в начале 1990-х годов в Сибири сниженные нормы водопотребления применялись при определении эксплуатационных режимов орошения.

Расчет индивидуальных норм водопотребления (М) сельскохозяйственных культур предлагается проводить по упрощенному уравнению водного баланса для минеральных почв при глубоком (>3 м) уровне залегания грунтовых вод.

$$M = E - P_v \pm \Delta W \quad (1)$$

где: М – индивидуальная биологически оптимальная норма водопотребления определенной сельскохозяйственной культуры, мм; Е – суммарное испарение с орошаемого поля, мм;  $P_v$  – осадки за вегетационный период, мм;  $\Delta W$  – изменение активных влагозапасов в расчетном слое почвы за вегетационный период, мм;

В основу методики определения суммарного испарения (Е) с орошаемого поля положен биоклиматический метод А.М. Алпатьева [1] и С.М. Алпатьева [2] основанный на использовании корреляционной зависимости между водопотреблением в условиях оптимального увлажнения и изменением метеорологических условий выражающийся уравнением:

$$E = K_{\sigma} \cdot \sum d \quad (2)$$

где:  $K_{\sigma}$  - биологический коэффициент данной культуры за вегетационный период;  $\sum d$  - сумма дефицитов влажности воздуха за вегетационный период, мм;



Для учета особенностей конкретного года М.Г. Голченко [3] предложил введение в формулу 2 поправки к биоклиматическим коэффициентам, которая находится путем выявления связи между средними значениями биологических коэффициентов и дефицитов влажности воздуха:

$$K_S = K_{cp} \cdot \left( -A \frac{\sum d_i}{\sum d_{cp}} + B \right) \quad (3)$$

где:  $K_{cp}$  – среднее значение биологического коэффициента за вегетационный период, полученное экспериментальным путем за 5-6 летний ряд наблюдений;  $\sum d_i, \sum d_{cp}$  – сумма дефицитов влажности воздуха за расчетный период в конкретном году и среднее значение за этот же период, мб; А и В – коэффициенты регрессии. При введении поправки в формулу 2 она преобразуется:

$$E = K_{cp} \cdot \left( -A \frac{\sum d_i}{\sum d_{cp}} + B \right) \cdot \sum d_i \quad (4)$$

Тогда формула 2 приобретает вид:

$$M = K_{cp} \cdot \left( -A \frac{\sum d_i}{\sum d_{cp}} + B \right) \cdot \sum d_i - P_e + \Delta W \quad (5)$$

Многочисленными опытами установлено, что в условиях оптимального увлажнения изменение активных почвенных запасов влаги ( $\Delta W$ ) не происходит, поэтому при расчетах биологически оптимальных норм водопотребления  $\Delta W$  принималось равным 0. Тогда формула 5 принимает окончательный вид:

$$M = K_{cp} \cdot \left( -A \frac{\sum d_i}{\sum d_{cp}} + B \right) \cdot \sum d_i - P_e \quad (6)$$

Значение постоянных величин ( $K_{cp}, \sum d_{cp}, A$  и  $B$ ), используемых в формуле 6, приведены в таблице 1. Продолжительность расчетных периодов принималась по среднегодовому оросительному периоду для каждой сельскохозяйственной культуры и административной области.

Климатическая поправка в расчетной формуле достаточно корректно учитывает особенности природных зон при орошении дождеванием, что позволяет распространить полученные коэффициенты на всю рассматриваемую территорию.

Величины норм водопотребления рассчитывались по данным наиболее представительных метеостанций, расположенных в зоне орошения. Данные метеостанций для каждого года в 20-30 летнем ряду наблюдений ранжируются в убывающем порядке и определяется обеспеченность в %. Затем они осредняются по зонам естественного увлажнения.

В определяемых таким образом нормах водопотребления предлагается выделять текущие нормы полива, предназначенные для непосредственного орошения. Переход от индивидуальных биологически-оптимальных к текущим

нормам водопотребления (на планируемую урожайность) осуществлялся по уравнениям связи «урожай - суммарное испарение». Данные уравнения (табл. 2) получены опытным путем для максимально возможных биологических урожаев культуры в каждом административном районе за исключением Иркутской области, где в связи с отсутствием опытных данных использовались уравнения связи, полученные в Красноярском крае.

Таблица 1 - Постоянные величины для расчета биологически-оптимальных норм водопотребления

Дата расчетного периода	Сельскохозяйственная культура	Биологический коэффициент ( $K_{cp}$ ) и сумма дефицита влажности воздуха, мм		Коэффициенты регрессии	
		$K_{cp}$	$\sum d_{cp}$	A	B
Красноярский край, Иркутская область, Кемеровская область					
11.06-20.08	картофель	0,40	537	-1,50	2,50
1.06-31.08	овощные (капуста)	0,50	715	-0,80	1,80
1.06-31.08	корнеплоды	0,44	628	-0,53	1,53
11.06-20.08	кукуруза	0,39	762	-1,40	2,40
1.05-31.08	многолетние травы	0,60	740	-0,90	1,60
1.05-31.08	(люцерна)	0,43	880	-0,60	1,60
Республика Тыва					
11.06-31.08	картофель	0,55	728	-0,32	1,32
11.06-31.08	овощные (капуста)	0,50	901	-0,80	1,80
1.06-20.08	кукуруза	0,39	782	-1,40	2,40
Читинская область					
1.06-31.08	картофель	0,44	812	-0,80	1,80
11.06-10.09	овощные (капуста)	0,53	807	-0,41	1,41
1.06-31.08	корнеплоды	0,33	879	-0,45	1,45
1.05-31.08	многолетние травы	0,32	1075	-0,95	1,95

Таблица 2 - Зависимость урожайности  $Y$  (ц/га) от суммарного испарения  $X$  ( $m^3/ga$ ) для года 50%-ой обеспеченности

Сельскохозяйственные культуры	Красноярский край, Кемеровская, Иркутская области	Республика Тыва	Читинская область
Картофель	$Y=0,079X+4,84$	$Y=0,004X+6,1$	$Y=0,77X-65,2$
Овощные	$Y=0,139X+176,8$	$Y=0,126X-81$	$Y=0,126X-196$
Кукуруза	$Y=0,825X+4,99$	$Y=0,25X-314$	-
Корнеплоды	$Y=0,129X-9,0$	-	$Y=0,527X+6,24$
Многолетние	$Y=0,77X-10,7$	-	$Y=0,104X+5,71$

При определении планируемой урожайности культур руководствовались утвержденными на 12 пятилетку нормативами [4], а также данными статуправления по средней урожайности за 1985-1990 гг. Максимальная урожайность, полученная в опытах, как правило, выше, чем в производстве. Поэтому при переходе от максимально возможной урожайности к планируемой, учитывались потери урожая при уборке, транспортировке, а также вероятные отклонения по густоте стояния растений, от оптимальной агротехники и т.д. По данным обстоятельству недобор урожая картофеля и многолетних трав достигает до 40%, овощей, кукурузы, корнеплодов – до 30%. С учетом этого планируемую урожайность увеличивали на соответствующие величины и по формулам зависимости находили суммарное испарение для года 50% обеспеченности по дефициту водного баланса. Текущую норму водопотребления заданной обеспеченности определяли по формуле:

$$M_M^{P\%} = E^{50\%} - P_B^{P\%} \quad (7)$$

где:  $M_M^{P\%}$  - текущая норма водопотребления для года заданной обеспеченности, мм;  $E^{50\%}$  – суммарное испарение культурой для года 50% обеспеченности, мм;  $P_B^{P\%}$  - сумма осадков за вегетационный период в год заданной обеспеченности, мм;

Кроме этого, в индивидуальные биологически-оптимальные и текущие нормы водопотребления включаются объёмы воды на послепосадочные (для рассадных культур) и довсходовые поливы (для мелкосемянных культур). Послепосадочные поливы планируют в год 95-85% обеспеченности на капусте белокачанной, довсходовые – на корнеплодах, кукурузе, картофеле из расчета по 30-50мм, 75% обеспеченности – по 20-30 мм, в остальные годы только для приживания рассады капусты по 20 мм. В Республике Тыва послепосадочные и довсходовые поливы планировались на год любой обеспеченности по 50 мм. В Алтайском крае для расчета норм водопотребления использовались агрометеорологические элементы, такие как: среднемесячная относительная влажность воздуха, среднемесячная температура воздуха, вегетационные осадки за месяц, влагозапасы в почве в начале и конце вегетационного периода в активном метровом слое почвы.

Месячные величины испаряемости за вегетационный период (май-сентябрь) определялись по формуле Н.И. Иванова:

$$E = 0,0018 \cdot (T + 25)^2 \cdot (100 - a), \quad (8)$$

где:  $T$  – среднемесячная температура воздуха, °С;  $a$  – среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

Отношение суммы средних месячных осадков за период вегетации к испаряемости за данный период дает коэффициент увлажнения данной территории

за вегетационный период. Расчет оросительных норм для условий Сибири, с учётом коэффициента увлажнения, проведен по методу К.Я. Феско (Алтайский СХИ) по следующей формуле.

$$M = \left( \frac{I}{E} - 1 \right) \cdot A - B - W_{зр}, \quad (9)$$

$$M_p = M + A + A_p, \quad (10)$$

где:  $E$  – коэффициент увлажнения зоны (по Н.И. Иванову);  $M_p$  – оросительная норма с обеспеченностью  $p$  вегетационными осадками, мм;  $M$  – оросительная норма на год с 50% -ой обеспеченностью вегетации осадками, мм;  $W_{гр}$  – подпитывание корневой системы растений от грунтовых вод, мм;  $A$  – сумма вегетационных осадков с 50% обеспеченностью, мм;  $A_p$  – сумма вегетационных осадков с обеспеченностью  $p$ , мм.

Разработанные институтом СибНИИГиМ нормы потребления воды растениями для условий Сибири достаточно корректно совпадают с нормами водопотребления при назначении поливов, полученными в опытах. Представляется целесообразно продолжить поиск дальнейшего снижения норм водопотребления без ущерба для урожая. В условиях Сибири это возможно при уточнении необходимости первого и последнего вегетационных поливов, в то время, когда оросительная вода имеет низкую температуру. Так, исследованиями установлено, что в условиях Красноярского края многолетние травы не снижают урожайности при исключении первого полива, экономия оросительной воды при этом достигает 15%.

### Литература

1. Алпатьев А.М. Водопотребление культурных растений и климат. – В кн. «Режим орошения с.-х. культур». – М., 1965.
2. Алпатьев С.М. Методические указания по расчетам режимов орошения с.-х. культур на основе биоклиматического метода. – Киев, 1967.
3. Голченко М.Г. Методика унификации биоклиматических коэффициентов и определение водопотребления орошаемых культур. Минск. «Урожай» НТИ, вып. 12, 1977.
4. Проектный уровень урожайности основных с.-х. культур на орошаемых землях РСФСР на 1986-1990 годы. – М., 1985.