



СЕРГЕЕВА Татьяна Васильевна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИВА ПО БОРОЗДАМ
С РАЗРАБОТКОЙ ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ СИСТЕМЫ**

Специальность – 06.01.02 - Мелиорация, рекультивация

и охрана земель

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени

кандидата технических наук

Волгоград 2009

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном научном учреждении «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (ФГНУ «РосНИИПМ»)

Научный руководитель: — доктор технических наук, доцент

Васильев Сергей Михайлович

Официальные оппоненты: – академик РАСХН, доктор технических наук,
профессор **Григоров Михаил Стефанович**

– доктор технических наук, профессор
Кравчук Алексей Владимирович

Ведущая организация: – ГНУ Поволжский НИИ эколого-мелиоративных
технологий Россельхозакадемии

Защита состоится «19» октября 2009 г. в 14³⁰ на заседании диссертационного совета Д 220.008.02 в ФГОУ ВПО «Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия» по адресу: 400002, Волгоград, пр. Университетский 26, ВГСХА, ауд. 214.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке, автореферат разослан «__» сентября 2009 г. и размещён на сайте <http://www.vgsha.ru> ВГСХА.

Учёный секретарь
диссертационного совета

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'A. Ryadnov', with a long horizontal stroke extending to the right.

А.И. Ряднов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Проблема сохранения почвенного плодородия в условиях орошаемого земледелия весьма актуальна. Только в Южном федеральном округе (ЮФО) ежегодный ущерб, причиняемый эрозией сельскому хозяйству, по прогнозным оценкам составляет величину порядка 2-2,5 млрд руб. В первую очередь, это недобор с эродированных площадей с.-х. продукции, потеря верхнего плодородного слоя почвы, гумуса, всех питательных компонентов, переформирование микрорельефа, ложбинообразование. Только в Ростовской области, по данным специалистов, ежегодный ущерб, причиняемый эрозией, выражается потерями 50-55 тыс. тонн азота, 25-30 тыс. тонн фосфора и 500-550 тыс. тонн калия.

Для разных почвенно-климатических зон, многие авторы дают самые противоречивые рекомендации по установлению предельно допустимых уклонов в рассматриваемых условиях. Многие из этих рекомендаций основаны только лишь на возможности пропуска воды и определенной поливной нормы без учёта потерь верхнего плодородного слоя почвы и питательных веществ.

Обобщая имеющуюся информацию по части влияния уклонов почвы, можно отметить расхождение этих данных даже в идентичных зонах Северного Кавказа. Отсюда вытекает целесообразность и необходимость проведения дополнительных исследований в Ростовской области и в частности для условий Левобережья Нижнего Дона, а так же их количественного выражения.

Кроме того, в достаточной степени почвоохранные мероприятия при проектировании и эксплуатации оросительных систем, как правило, не предусматриваются, что идет в разрез с целевыми программами по сохранению почвенного плодородия земель сельскохозяйственного назначения.

В диссертации приведены результаты теоретических и практических исследований, выполненных в соответствии с межведомственной координационной программой фундаментальных и приоритетных прикладных иссле-

дований по научному обеспечению развития АПК РФ РАСХН на 2006-2010 гг., поз. III.01.01.

Цель работы – уточнить закономерности эрозионного смыва почв при поливе по бороздам и предложить мероприятия по его предотвращению за счёт закрепления смоченного периметра борозд и применения противоэрозионной системы орошения.

Задачи исследований:

– провести сбор и анализ информации по развитию процессов смыва почвы при поливах по бороздам;

– уточнить закономерности смыва почвы в зависимости от расхода поливной струи, уклона и длины борозд;

– разработать новый состав структурообразователя для закрепления смоченного периметра поливных борозд;

– предложить противоэрозионную систему орошения кукурузы по бороздам для хозяйственных условий Левобережья Нижнего Дона;

– произвести расчёт экономической эффективности.

Объект исследования – ирригационная эрозия при поливе по бороздам.

Предмет исследований – мероприятия по предотвращению ирригационного смыва почв за счёт закрепления смоченного периметра борозд и применения допустимых элементов техники полива.

Методология исследований. В работе использованы метод системного анализа, лабораторный и полевой эксперименты, проведенные в соответствии с методическими требованиями. Обработка экспериментальных

данных осуществлена методами планирования эксперимента и математической статистики.

Достоверность научных результатов подтверждается большим объемом экспериментальных данных, полученных в ходе лабораторных и полевых исследований в многократной повторности, высокой степенью сходимости результатов теоретических и экспериментальных исследований, положительными результатами апробации в производственных условиях.

Научная новизна работы состоит в уточнении закономерностей смыва почвы в зависимости от расхода поливной струи, уклона и длины борозд, новых эмпирических зависимостях прогноза и учёта ирригационного смыва, совершенствовании технологии приготовления и внесения водного раствора композиции структурообразователя, а также в разработке противозрозионной системы орошения, обеспечивающей возможность расширения способов борьбы с ирригационным смывом, снижении себестоимости продукции при поливе сельскохозяйственных культур по бороздам.

Основные положения, выносимые на защиту:

- результаты анализа развития процессов смыва почвы при орошении по бороздам, их последствия и степень опасности;
- уточнённые закономерности смыва почв от воздействия основных факторов;
- новые эмпирические зависимости прогноза и учёта ирригационного смыва почв при орошении кукурузы по бороздам;
- состав и оптимальная доза водного раствора композиции структурообразователя;
- усовершенствованный способ полива по бороздам с применением противозрозионной системы орошения.

Практическая значимость работы заключается в разработке производственных рекомендаций по применению технологии приготовления и

внесения водного раствора композиции структурообразователя и противоэрозионной системы орошения.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований внедрены в хозяйствах ЗАО «Нива», ОАО «Аксайская нива» Ростовской области. Материалы исследований использованы при составлении отчётов о НИР, выполненных по программе развития АПК МСХ РФ на 2006-2010 гг.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ» и Депмелиоводхоза Минсельхоза России: «Вопросы мелиорации» (г. Москва, 2007 и 2009 гг.), на научно-практических семинарах ФОГУ ВПО «НГМА» и ФГНУ «РосНИИПМ»: «Пути повышения эффективности орошаемого земледелия» (г. Новочеркасск, 2008 г.), на теоретическом семинаре инженерных факультетов Волгоградской ГСХА (г. Волгоград, 2009 г.).

Публикации. Основные научные результаты исследований по теме диссертации изложены в 8 публикациях общим объемом 1,8 п.л., одна из которых издана в ведущем рецензируемом научном журнале, рекомендованном ВАК.

Структура и объём работы. Диссертация включает введение, пять глав, выводы и рекомендаций производству. Диссертация изложена на 178 страницах машинописного текста, включает 37 рисунков и 22 таблицы, содержит приложения и акты внедрения. Список литературы состоит из 160 наименований, в т.ч. 12 публикаций зарубежных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во «**Введении**» обоснована актуальность, теоретическая и практическая значимость темы исследований, сформулированы цели и задачи, определена методическая и эмпирическая база, выделены предмет и объект ис-

следования, излагаются элементы научной новизны и практическая значимость работы.

В первой главе «Степень изученности влияния различных факторов на величину и интенсивность эрозии» изучено распространение ирригационной эрозии и условия проявления в разрезе трудов отечественных и зарубежных исследователей. Дана оценка известных способов предупреждения ирригационного смыва почвы. Проведен анализ влияния расходов поливных струй и уклонов на смыв почв при поливах по бороздам.

Работами в данной области исследований занимались такие известные учёные как А.Н. Костяков, Б.А. Шумаков, Ц.Е. Мирцхулава, М.С. Кузнецов, Ю.П. Поляков, А.В. Лысов, С.П. Волков, И.С. Марр и многие другие исследователи.

Проведенный анализ трудов отечественных и зарубежных исследователей показал, что среди литературных источников и нормативных данных нет чёткой и полной картины, где бы для всех зон орошения, разновидностей почв с их обилием коэффициентов фильтрации были даны количественные показатели смыва почв и чёткие графики поливных струй по степени их эрозионной опасности и приемлемости к поливам. В настоящее время есть разрозненные выборочные данные для отдельных орошаемых районов и зон применительно к их почвенным условиям.

Эффективным мероприятием по борьбе с ирригационной эрозией, при поливах по бороздам, как отмечают учёные ГНУ «ВНИИГиМ», ФГНУ «РосНИИПМ» ФГОУ ВПО «НГМА» и ФГОУ ВПО «ДГТУ», является обработка смоченного периметра полимерами-структурообразователями.

Осуществленный научно-аналитический обзор информации по исследуемой проблеме позволил установить, что разработка и апробация менее дорогостоящих и достаточно эффективных композиционных составов на базе препаратов серии «К» в комплексе с другими мероприятиями является актуальной проблемой для условий Левобережья Нижнего Дона.

Во второй главе «Программа и методика экспериментальных исследований» приводится программа проведения исследований, описываются экспериментальные условия и объекты проведения исследований, даются схемы опытов и характеристики используемых установок.

Лабораторные опыты на установках проводились по методикам акад. Ц.Е. Мирцхулавы, В.Б. Гуссака, К.А. Жаровой, Б.И. Студеничникова, Д.А. Штокалова и методикам Ю.П. Полякова.

В лабораторных и лабораторно-полевых условиях исследовалась противэрозионная эффективность водных растворов структурообразователя при поливе по бороздам, их влияние на поглощение воды бороздой, дозы, механизация и технология внесения в борозды. Лабораторные опыты выполнялись на грунтовой лотке.

В третьей главе «Исследование распространения, последствий и теоретической вероятности эрозии» представлены результаты исследования факторов, определяющих ирригационную эрозию почвы при поливах по бороздам.

В ряде работ, о которых говорилось выше, для отдельных климатических и почвенно-географических зон установлены общие тенденции взаимодействия почв и этих факторов. Однако самым главным в этом взаимодействии является не принципиальная тенденция этой взаимосвязи, а её количественные показатели и интенсивность во всем спектре уклонов, почвенных и рельефных условий, физико-механических свойств почв, параметров техники и способов полива, присущих для каждой конкретной зоны.

С целью уточнения размеров и установления количественных характеристик ирригационной эрозии были проведены исследования смыва почвы при производственных поливах сельскохозяйственных культур.

Установлено, что с увеличением уклонов орошаемых полей смыв почвы закономерно возрастает, причём смыв и вынос почвы начинает проявляться уже при уклонах 0,005. В абсолютном значении, судя по данным лабораторных опытов при расходах 0,1; 0,2; 0,6 л/с связь объема смытой почвы

почти функциональная, изменение смыва происходит в 1,5 -3,0 раза. В пределах исследуемых диапазонов уклонов при расходах 0,8; 1,2; 1,7; 2,0 л/с влияние первых более существенно в интервале 0,015-0,03, при этом смыв почвы возрастает до 6 раз. Что касается интенсивности ирригационного смыва, то темпы роста значений смыва почвы отстают от роста уклонов.

Анализируя полученный материал, можно отметить чёткую и вполне закономерную связь между длиной борозд и смывом почвы. Во всех случаях полевых опытов с увеличением длины борозд смыв почвы закономерно уменьшается по законам линейной зависимости (рисунок.1).

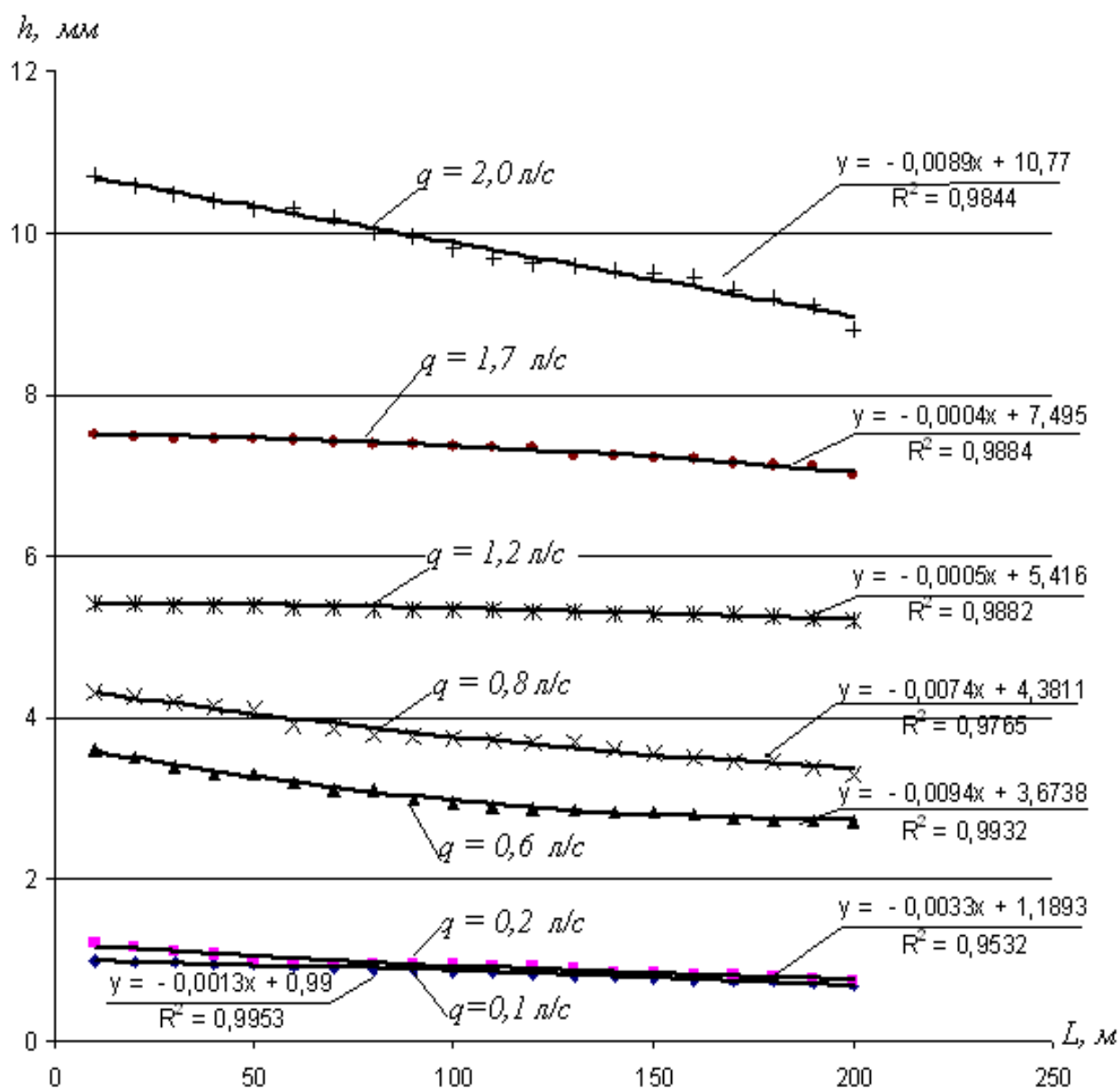


Рисунок 1 – Изменение деформации борозд по длине ($i = 0,031$)

Согласно изысканиям Ю.П. Полякова и А.Д. Савченко, характер зависимости имеет вид кривой, возрастающей до длины 100 м и далее после 300 м снижающейся, в наших опытах вид зависимости линейный. Не оспаривая и не подвергая сомнениям результаты исследований предыдущих авторов, следует отметить, что причиной такого расхождения в характере абсолютных значений является различие почвенных, географических и физико-механических свойств почв исследуемых районов, а в пределах одного и того же района весомо влияние деградационных процессов, происходящих на длительно орошаемых черноземах.

В соответствие с общей задачей оптимизации противоэрозионных характеристик полива по бороздам в качестве эколого-мелиоративного критерия принимается максимум дополнительного чистого дохода от орошения с учетом потерь урожая в результате развития эрозии и затрат на проведение противоэрозионных мероприятий.

В качестве показателя, объединяющего действия случайных факторов внешней среды, можно рассматривать величину удельного сезонного дефицита водопотребления культуры ξ , м³/га. Дефицит водопотребления удовлетворяется применением поливных струй расходом q , м³/га. Под производительностью борозды будем понимать количество воды, которое борозда может подать на 1 га сезонной нагрузки за вегетационный период. Производительность борозды представляет собой функцию конструктивных параметров κ (расход, ширина, глубина, форма поперечного сечения и т.д.) и эксплуатационных параметров ε (время подачи воды в борозду, технологический расход, схемы полива и др.).

Конструктивные параметры являются выходными характеристиками после нарезки борозды. Каждый из них, в свою очередь, может быть представлен в виде совокупности некоторых технических характеристик.

Вероятная величина сезонного дефицита водопотребления культуры ξ и техническая возможность её удовлетворения $q = f(\kappa_i, \varepsilon_j)$ в различные по засушливости годы дают, при сопоставлении, разные величины отклонения

$|\xi - q(\kappa_i, \vartheta_j)|$. При этом нарушается оптимальный режим удовлетворения растений водой, и максимальный дополнительный чистый доход от орошения $\Phi_{\max}(\xi)$ уменьшается на величину ущерба от эрозионных процессов, т.к. в засушливые годы в хозяйствах подаются завышенные расходы воды в борозду.

Если предположить, что возможность варьирования характеристиками поливной борозды позволит реализовать поливной режим оптимальной достоковой поливной норме, соответствующей потребности культуры в конкретной погодной ситуации и на территории с конкретным уклоном, то определим $q(S)$ как математическое ожидание $q^*(S, \mathcal{E}P_o)$.

Случайная функция ущерба от развития эрозионных процессов примет следующий вид:

$$\Phi(S, \mathcal{E}P_o) = \begin{cases} -\frac{\varepsilon \cdot f_0}{S}, & -\infty < \mathcal{E}P_o \leq 0 \\ \Phi_{\max}(\mathcal{E}P_o) - \frac{\varepsilon \cdot f_0}{S}, & 0 < \mathcal{E}P_o \leq q(S), \\ \Phi_{\max}(\mathcal{E}P_o) - f(|\mathcal{E}P - q(S)|) - \frac{\varepsilon \cdot f_0}{S}, & q(S) < \mathcal{E}P_o < +\infty \end{cases} \quad (1)$$

Следовательно, задача (1) сводится к варьированию оптимальной сезонной нагрузки на поливную борозду (S) на конкретно заданном уклоне, для того чтобы добиться минимальных потерь от эрозии в условиях максимальной производительности поливной борозды, обеспечивающей удовлетворение потребности культур в оросительной воде.

Таким образом, задача оптимизации ущерба от эрозии в результате орошения сводится к минимизации затратной части показателя эрозионно-безопасного использования поливных борозд на площади с заданным уклоном.

В результате окончательное соотношение, из которого получается величина эрозионно-допустимой сезонной нагрузки на поливную борозду, примет выражение:

$$F_{\text{ЭП}}(q(S^*)) = 1 - \frac{\varepsilon \cdot f_0}{c \cdot V}, \quad (2)$$

где $F_{\text{ЭП}}(q(S^*))$ – функция вероятности ущерба от эрозии в точке $N(S^*)$;

q – производительность поливной борозды, м³/га;

S^* – оптимальная величина сезонной нагрузки на борозду, га;

f_0 – капитальные вложения на проведение противоэрозионных мероприятий;

ε – коэффициент приведения капитальных вложений;

c – удельный ущерб от эрозии, р/га;

V – объём воды, подаваемый бороздой на обслуживаемую площадь за сезон, м³.

В данном выражении вероятностный смысл $F_{\text{ЭП}}(q(S^*))$ заключается в том, что:

$$F_{\text{ЭП}}(q(S^*)) = P(\text{ЭП}_o < q(S^*)) = 1 - P(\text{ЭП} > q(S^*)), \quad (3)$$

где $P(\dots)$ – символ вероятности, или функция распределения ЭП в точке $N(S^*)$, которая численно равна вероятности того, что полив будет производиться эрозионно-безопасной поливной нормой, покрывающей дефицит водопотребления при производительности борозды q на сезонной нагрузке S^* ;

$1 - P(\text{ЭП} > q(S^*))$ – вероятность противоположного события.

Следовательно, $P(\text{ЭП} > q(S^*)) = \frac{\varepsilon \cdot f_0}{c \cdot V}$ представляет собой численное значение вероятности эрозионно-опасной ситуации, когда производительность поливной борозды в точке $q(S^*)$ вызывает поверхностный смыв. Отсюда можно сделать вывод о том, что эрозионно-безопасная сезонная нагрузка определяется равенством соотношения приведенных капитальных затрат на проведение противоэрозионных мероприятий к ве-

личине потерь, если дефицит водопотребления не будет покрыт производительностью q .

Четвёртая глава «Разработка мероприятий по предотвращению ирригационной эрозии при поливе по бороздам» включает обоснование наиболее актуальных способов борьбы с эрозией с учётом ирригационной характеристики объекта исследований, доз компонентов композиции структурообразователя, технологии его приготовления и внесения, разработку противоэрозионной системы орошения для повышения устойчивости русла борозд размыву. Применение искусственных структурообразователей, в качестве способа предотвращения ирригационного смыва почв при поливе по бороздам, является отличительным от богарного структурообразования приёмом. Ирригационная эрозия предотвращается за счёт закрепления по смоченному периметру разрыхленной в борозде почвы.

При использовании предлагаемого состава композиции структурообразователя, его можно рассматривать как трехкомпонентную систему: гидролизированный полиакрилонитрил (кг); бентонит Тарасовского месторождения Ростовской области (кг) и вода (л).

Для изучения влияния состава структурообразователя на формирование агрегатного состава почв были выбраны пределы варьирования содержания отдельных компонентов с учётом рекомендаций лаборатории проблем экологии в мелиорации ФГНУ «РосНИИПМ»: вода (x_1) – 0,74 -0,82; бентонит (x_2) – 0,12-0,2; гидролизированный полиакрилонитрил (x_3) – 0,06-0,14.

В результате обработки данных по 6 опытным точкам получена квадратичная модель вида:

$$y = 53,84x_1 + 55,58x_2 + 51,08x_3 - 4,03x_1x_2 - 26,19x_1x_3 - 6,29x_2x_3, \quad (4)$$

Для проверки адекватности полученной модели использованы экспериментальные данные по опытным точкам 7-10, не использованным для вычисления коэффициентов уравнения (4).

Расчётные значения откликов в проверочных точках 7-10 определены подстановкой координат в псевдокомпонентах в уравнение (4).

Вспомогательные данные для проверки адекватности модели приведены в таблице. Адекватность модели проверялась в опытной точке № 10, так как именно в этой точке, как видно из таблицы, наблюдаются наибольшие расхождения между опытными данными и предсказаниями по модели.

Таблица – Данные для оценки адекватности модели (4)

№№ опытных точек по плану	Значение отклика y	Расчётный отклик y_u по модели	Разность (2)-(3)
1	2	3	4
7	47,41	46,47	0,94
8	45,18	44,56	0,62
9	46,68	45,93	0,75
10	50,89	48,30	2,59

Для удобства практического использования, с использованием трансформирующих соотношений, выполнен переход от псевдокомпонентов x_i к исходным компонентам X_i , соответствующим относительным содержанием полимера и бентонита в составе структурообразователя (5) и построена соответствующая номограмма для определения эффективности водного раствора структурообразователя (рисунок 2).

$$y = 129,75 - 0,36 X_1 - 1,15 X_2 + 0,0005 X_1^2 + 0,003 X_1 X_2 + 0,003 X_2^2. \quad (5)$$

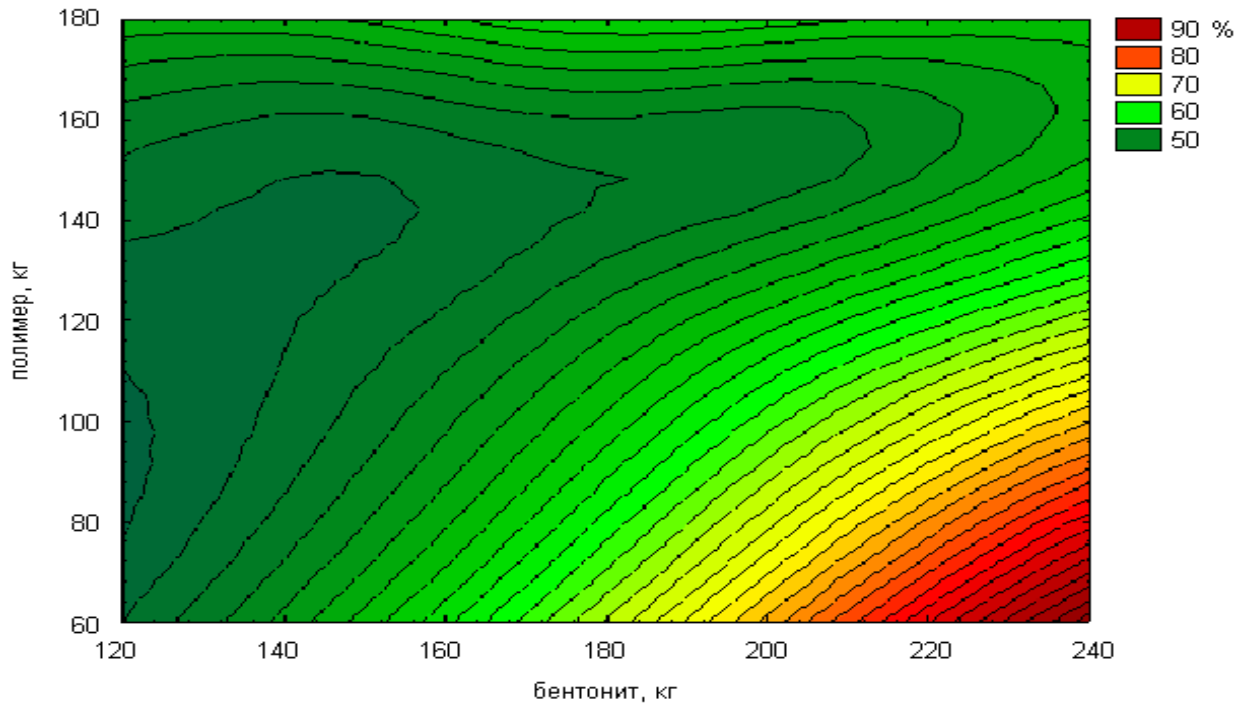


Рисунок 2 – Номограмма для определения эффективности структурообразователя в зависимости от доз полимера и бентонита в водном растворе

Проведенный анализ полученных уравнений (4) и (5) исследуемой функции отклика и полученной диаграммы позволяет сделать следующие выводы:

– с использованием полученного уравнения (4) и с учётом данных таблицы, для практического использования был выбран водный раствор структурообразователя, включающий: 78 % воды, 16 % бентонита и 6 % полимера;

– доза водного раствора структурообразователя в пересчёте на 1 га будет равна 2700-2800 л, соответственно дозы компонентов составят: вода – 2388-2477 л/га; бентонит – 490-508 кг/га и гидролизированный полиакрилонитрил – 184-190 кг/га.

Способ приготовления композиции структурообразователя включает механохимическую активацию воды затворения с добавкой гидролизованного полиакрилонитрила в течение 1 мин., механохимическую активацию гранул бентонита, содержащего 60-70 % предварительно активированной воды

затворения в течение 1,5-2 мин., и последующее перемешивание в смесителе с оставшейся частью активированной воды в течение 1 мин.

Противоэрозионный эффект разработанной композиции повышается за счёт увеличения сцепления водопрочных агрегатов бентонита с поверхностью частиц почвы. Это объясняется тем, что бентонитовые зерна, подчиняясь законам молекулярного притяжения, стремятся объединиться в более крупные частицы. Распределение воды внутри таких частиц и между ними отличается большой неравномерностью. Повышение равномерности распределения воды в композиции структурообразователя и разъединение слипшихся частиц в процессе механической активации приводит к образованию более однородной коагуляционной структуры, обеспечивающей улучшение технологических свойств и более высокую противоэрозионную эффективность. Предложенный способ проверен в условиях эколого-аналитической лаборатории ФГНУ «РосНИИППМ» (аттестат аккредитации, выданный Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии, № РОСС RU.001512581).

Согласно поставленным задачам исследований, нами разработана и апробирована на экспериментальном полигоне ФГНУ «РосНИИППМ» противоэрозионная система орошения (рисунок 3).

Для обеспечения равномерного увлажнения, нормированного полива и предотвращения ирригационной эрозии почвы в системе орошения при уклонах до 0,031 противоэрозионная система включает участковый распределитель с задвижкой, оросители-сбросы, соединяющие водоприёмники, поливные борозды, имеющие пороги, водоудерживающие валы и сбросной канал. Система орошения работает следующим образом. Прежде чем приступить к поливу, оператор закрывает водовыпуски с затворами-автоматами. Открывает задвижку на распределителе, из которого вода самотеком по оросителю-сбросу наступает в водоприёмник сверху. Ввиду того, что водовыпуск закрыт, создается подпор воды и последняя, поступает через выходные окна в поливные борозды. Так как борозда имеет обратный уклон, уменьшается скорость воды и снижается смыв. В процессе заполнения борозды вода переливается через пороги и таким образом доходит до конца борозды.

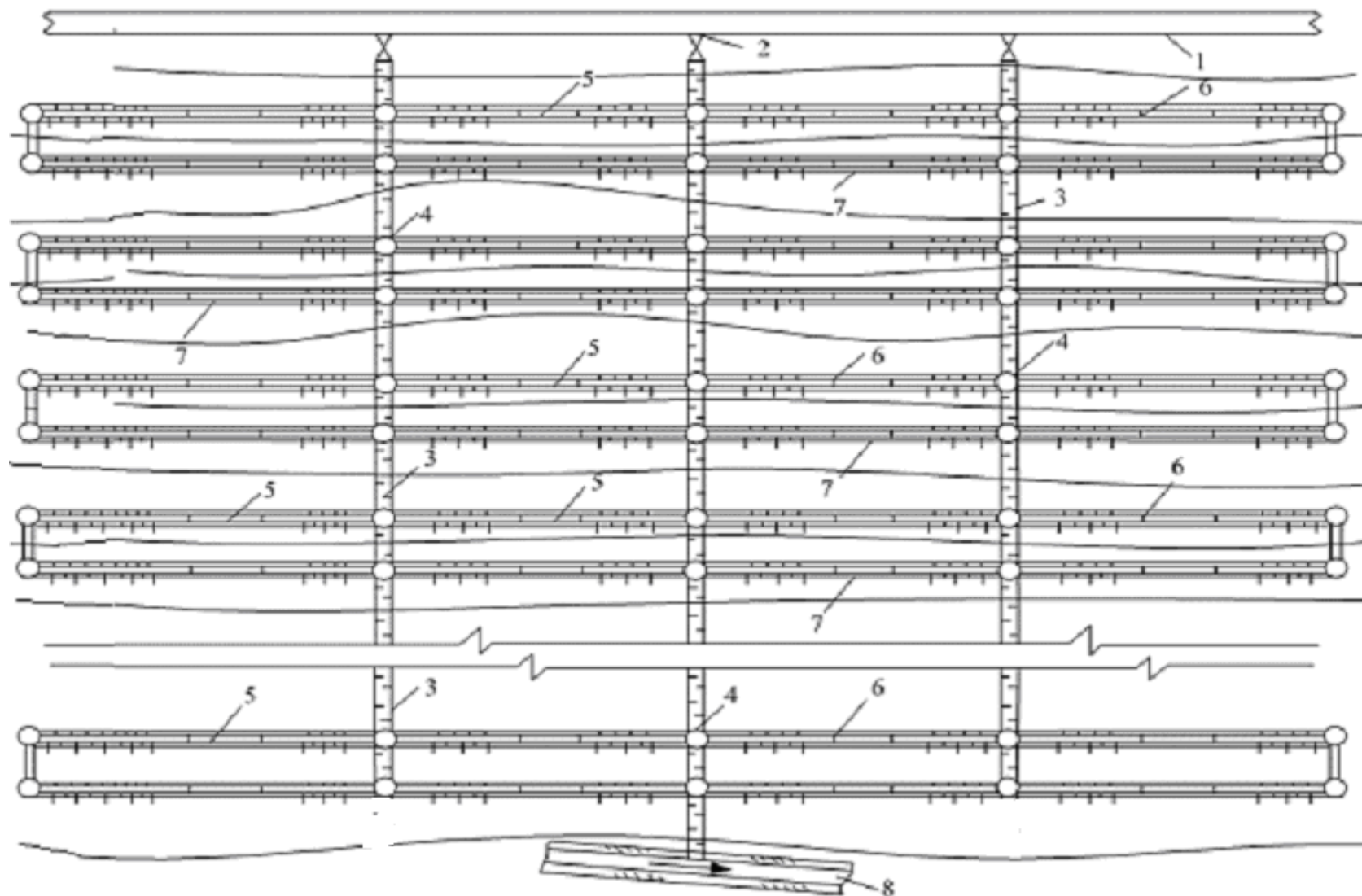


Рисунок 3 – Противозрозионная система орошения

1 – участковый распределитель; 2 – задвижка; 3 – ороситель-сброс; 4 – водоприёмник; 5 – водоудерживающий вал; 6 – поливная борозда; 7 – порог; 8 – сбросной канал.

При достижении установленного уровня срабатывает датчик уровня, открывается затвор-автомат и вода через водовыпуск, протекает по оросителю-сбросу до следующего водоприёмника.

Излишки воды из поливной борозды также стекают через ниже расположенный водоприёмник в следующие смежные борозды, смешиваясь с первичной оросительной водой. Таким образом, продолжается полив смежных борозд поочередно до последних двух борозд, с которых вода, при необходимости, поступает в сбросной канал.

Предлагаемая система орошения обеспечивает не только предотвращение ирригационной (за счёт обратного уклона и создания подпора воды) и снижение общей эрозии почвы, но и способствует охране участка от смывов и размывов во время ливневых дождей.

В результате проведенных исследований после уборки кукурузы на зеленый корм получены следующие показатели. Смыв почвы на данном поле был существенно снижен и составил 0,06 мм против 1,7 на контроле при поливе вдоль склона ($i = 0,015$, $q = 1,5-2,0$ л/с). Развитие растений на данном поле имело более интенсивное начало на контроле, что сказывалось на высоте растений.

В **пятой главе** «Экономическая эффективность предлагаемых противоэрозионных мероприятий» даны расчёты экономического эффекта. Проведенная оценка экономической эффективности показала, что годовой экономический эффект после закрепления борозд составил: при расходе водного раствора композиции структурообразователя 2600 л/га и расходе поливной струи 1,5-2,0 л/с – 5365 руб./га; при расходе раствора структурообразователя 2700 л/га и $q = 2,0-3,0$ л/с – 5380 руб./га. Доход от прибавки урожая при внедрении противоэрозионной системы орошения составил 3680 руб./га. Расчётами установлено, что на небольших площадях (10 га и менее) наиболее целесообразна в эксплуатации разработанная автором противоэрозионная система орошения (индекс доходности – 187,7 %, против 167,8 % в варианте «закрепление борозд»). Эколого-экономический расчёт предотвращённого ущерба наносимого эрозионным стоком водным объектам, показал, что ущерб, рассчитанный по укрупненной методике, составил 234,5 тыс. руб./год

при реализации противоэрозионной системы орошения, и 364,3 тыс. руб./год при закреплении борозд раствором композиции структурообразователя.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Закрепление грунтов в поливных бороздах искусственными структурообразователями в условиях Северного Кавказа, и в частности в условиях Левобережья Нижнего Дона, изучено крайне недостаточно. Для решения существующих проблем следует уточнить закономерности эрозионного смыва почв при поливе по бороздам и предложить мероприятия по его предотвращению за счёт применения допустимых элементов техники полива и закрепления смоченного периметра борозд водным раствором структурообразователя на основе местных природных материалов.

2. В процессе проведения исследований установлено, что основными факторами, обуславливающими ирригационный смыв при поливе по бороздам, являются: уклон и длина борозд; расход поливной струи и скорость воды в борозде. При катастрофических уклонах (0,03) увеличение расхода поливной струи в 20 раз увеличивает смыв почвы в 38-40 раз. При уклонах 0,023 увеличение расхода воды в борозде в 20 раз увеличивает ирригационный смыв в 30-33 раза, а при уклонах 0,006 увеличение смыва достигает в 25-28 раз.

3. На участках с уклоном 0,031 при поливе струей 2 л/с ежегодный смыв достигает слоя 7-8 мм. Головная часть поливных борозд длиной свыше 70 м на 1/3 размывается на глубину до 4-6 см, а в середине и нижней трети длины происходит отложение продуктов эрозии. Основная часть эрозионных потерь приходится на первый полив после нарезки борозды.

4. Разработан способ приготовления водного раствора композиции структурообразователя. По предложенному способу смесь композиции готовится в три стадии: на первой стадии осуществляется механохимическая активация (1100 об/мин.) воды с добавкой гидролизованного полиакрилонитрила в течение 1 мин. На второй стадии загружается бентонит с частью воды (от 60 до 70 % от общего ее расхода) и проводится механохимическая акти-

вазия полученного раствора (1,5-2 мин.). На третьей стадии с раствором перемешивается оставшаяся вода (1 мин.).

5. Доза водного раствора композиции структурообразователя составит 2700-2800 л/га. Соответственно, дозы компонентов составят: вода – 2388-2477 л/га; бентонит – 490-508 кг/га и гидролизированный полиакрилонитрил – 184-190 кг/га.

6. Разработана и реализована на практике противоэрозионная система орошения кукурузы на зеленый корм по бороздам, показавшая высокий противоэрозионный эффект. Смыв почвы на данном поле ($S = 54$ га) был существенно снижен, и составил 0,06 мм против 1,7 на контроле при поливе вдоль склона ($i = 0,015$). Урожайность кукурузы на зеленый корм повысилась на 9,4 %.

7. Годовой экономический эффект составил 419,5 тыс. руб. на весь объём внедрения. Эколого-экономический расчёт предотвращенного укрупненного ущерба, наносимого эрозионным стоком водным объектам, показал, что предотвращенный ущерб, рассчитанный по укрупненной методике, составил 364,3 тыс. руб./год при закреплении борозд водным раствором композиции структурообразователя и 234,5 тыс. руб./год при реализации противоэрозионной системы орошения.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. В процессе приготовления водного раствора композиции структурообразователя дозы компонентов в пересчёте на 1 м^3 , составят: вода – 884,5 л; бентонит – 181,44 кг и – гидролизированный полиакрилонитрил – 68,04 кг.

2. Водный раствор композиции структурообразователя следует готовить трехстадийным способом с обязательной механохимической активацией воды гидролизированным полиакрилонитрилом (1100 об/мин).

3. Предлагаемый состав композиции структурообразователя использовать для закрепления периметра поливных борозд при уклонах до 0,031.

4. Использовать противоэрозионную систему орошения по бороздам для организационно-хозяйственных условий Левобережья Нижнего Дона при выращивании кукурузы.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Сергеева, Т.В. Оценка эрозии при поливе по бороздам и мероприятия по ее устранению / Т.В. Сергеева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – №. 3 – С. 36-37.

2. Сергеева, Т.В. Состояние и перспективы использования орошаемых земель в Ростовской области / Т.В. Сергеева, С.М. Васильев // Научно-практический журнал «Вопросы мелиорации» ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ» и Депмелиоводхоза Минсельхоза России. – М. – 2005. - № 7-8. – С. 29-36. (доля автора 90 %).

3. Сергеева, Т.В. Периодическое орошение сельскохозяйственных культур по бороздам в севооборотах Ростовской области / Т.В. Сергеева, С.М. Васильев // Научно-практический журнал «Вопросы мелиорации» ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ» и Депмелиоводхоза Минсельхоза России. – М. – 2005. – № 7-8. – С. 36-38. (доля автора 80 %).

4. Колганов, А.В. Технический уровень оросительных систем ЮФО и эффективность водопользования / А.В. Колганов, Т.В. Сергеева, С.М. Васильев // Научно-практический журнал «Вопросы мелиорации» ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ» и Депмелиоводхоза Минсельхоза России. – М. – 2007. - №5-6. – С. 4-8. (доля автора 70 %).

5. Сергеева, Т.В. Влияние качества планирования водопользования на эффективность орошения в Багаевском филиале ФГУ «Управление Ростовмелиоводхоз» / Т.В. Сергеева, С.М. Васильев // Научно-практический журнал «Вопросы мелиорации» ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ» и Депмелиоводхоза Минсельхоза России. – М. – 2007. - № 5-6. – С. 49-52. (доля автора 90 %).

6. Сергеева, Т.В. Результаты анализа методических подходов к прогнозированию развития АПК. //Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. ФГНУ «РосНИИПП»/ под ред. В.Н. Щедрина / Т.В. Сергеева, С.А. Ханмагомедов, Е.А. Бородаева – Новочеркасск, 2008. – №. 39. – С. 62-68. (доля автора 60 %).

7. Сергеева, Т.В. Результаты исследований по определению ирригационной эрозии при поливе по бороздам / Т.В. Сергеева // Научно-практический журнал «Вопросы мелиорации» ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ» и Депмелиоводхоза Минсельхоза России. – М. – 2009. – № 3-4. – С. 17-24.

8. Сергеева, Т.В. Новый структурообразователь для закрепления поливных борозд / Т.В. Сергеева // Научно-практический журнал «Вопросы мелиорации» ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ» и Депмелиоводхоза Минсельхоза России. – М. – 2009. – № 3-4. – С. 25-31.

