

На правах рукописи

ПРИХОДЬКО Игорь Александрович

**УПРАВЛЕНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫМ СОСТОЯНИЕМ ПОЧВ ДЛЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РИСОВОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ
СИСТЕМЫ**

Специальность **06.01.02** – «Мелиорация, рекультивация и охрана земель»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Краснодар - 2008

Работа выполнена в Федеральном государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет"

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Кузнецов Евгений Владимирович

Официальные оппоненты – доктор технических наук, профессор Попов Вячеслав Алексеевич
кандидат технических наук, Якуба Николай Петрович

Ведущая организация – ФГОУ ВПО «Новочеркасская государственная мелиоративная академия»

Защита состоится «17» июня 2008 года в 10⁰⁰ на заседании диссертационного совета Д 220.038.08 при ФГОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, КубГАУ, факультет электрификации, ауд. 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет».
Автореферат разослан «___» мая 2008 года.

Автореферат размещен на сайте www.kubagro.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.т.н., профессор

С.В. Оськин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Производство риса – одно из основных направлений сельского хозяйства на Кубани. Посевные площади под рис в Краснодарском крае в 2007 году составили 116 тыс.га. Почвенно-климатические условия края благоприятны для возделывания этой культуры и позволяют получать в производственных условиях при соответствующей технологии урожай более 7 т/га. Однако на сегодняшний день урожайность риса составляет около 5,5 т/га.

Одним из лимитирующих факторов роста урожайности риса является мелиоративное состояние почв. В настоящее время в Краснодарском крае лишь 60,1% площадей рисовых оросительных систем (РОС) находятся в хорошем состоянии, 19,3% - в удовлетворительном, а 20,6% - в неудовлетворительном состоянии по засолению почв и высокому уровню стояния грунтовых вод. Несмотря на мероприятия по улучшению мелиоративного состояния почв РОС продолжается процесс подъема к дневной поверхности засоленных грунтовых вод, заболачивание, засоление и слитизация почв.

Современная проблема охраны окружающей среды и рационального использования ресурсов заключается в комплексном учете всех возможных последствий хозяйственной деятельности человека с последующим управлением мелиоративным состоянием почв (МСП). Следовательно, необходимо разработать надежные методы прогноза развития процессов с последующим переходом к управлению их динамикой. Оценка природно-мелиоративных условий требует дальнейшего совершенствования. Наиболее эффективным путём в этом направлении является автоматизация сбора, хранения и обработки материалов на персональных компьютерах с использованием математических методов, с созданием баз данных, то есть современных средств информации.

Восстановление МСП длится десятилетия, а работы по рекультивации с помощью технических средств требуют очень больших затрат. В настоящее время необходима разработка методов прогнозирования состояния почв на всех этапах землепользования, поэтому необходимо разработать математическую модель планирования оптимального комплекса технологических операций во вневегетационный период. Выполнение комплекса технологических операций позволит увеличить продуктивность риса путем повышения мелиоративного состояния почв рисовых полей.

Цель работы: управление мелиоративным состоянием почв для планирования комплекса технологических операций и экологической безопасности рисовой оросительной системы во вневегетационный период.

Объектом исследования являются рисовые чеки с коллекторно-дренажной сетью.

Предметом исследования является мелиоративное состояние почв рисовой оросительной системы.

Работа выполнена в рамках темы "Повышение плодородия деградированных почв и разработка земельно-охранных мероприятий, создание

моделей управления устойчивого развития мелиоративных систем" (№ регистрации 01200113465, тема 9, раздел 9.3, подраздел 9.3.1)

Основные методы исследования. Для решения поставленных задач были использованы следующие методы исследования: экспериментальный; математического моделирования; экономико-статистический.

Достоверность и обоснованность научных положений подтверждается большим объемом натурных испытаний математической модели, проводимых в ЗАО «Черноерковское» Славянского района на площади 831га. Внедрение математической модели показало соответствие результатов, полученных на математической модели и на реальных объектах. Предложенная оптимизационная модель, реализованная в программном инструментарии, верифицируется на адекватность.

Информационную базу исследований составили: архивы ФГУ "Управление Кубаньмелиоводхоз", филиала ФГУ "Петровско-Анастисиевская оросительная система", Кубанского гидромелиоративного государственного учреждения, ФГОУ ВПО "Кубанский государственный аграрный университет" (кафедры гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения, почвоведения, агрохимии) за 1983-2007 гг.

Научная новизна работы:

- математическая модель мелиоративного состояния почв рисовой оросительной системы, позволяющая выполнять планирование комплекса технологических операций во вневегетационный период для организации охраны земель и сохранения их плодородия;
- связи между основными параметрами и показателями почв (УГВ, рН, почвенные агрегаты, гумус, N,P,K, тип засоления), влияющими на мелиоративное состояние почв во вневегетационный период;
- количественные значения показателей экологической безопасности;
- комплекс технологических операций для повышения мелиоративного состояния почв рисовой оросительной системы во вневегетационный период.

Практическая значимость работы:

Разработана система контроля по управлению мелиоративным состоянием почв РОС с получением информации по планированию технологических операций во вневегетационный период, охраны земель и повышения продуктивности риса; технологическая карта и рекомендации по улучшению мелиоративного состояния почв путем оптимального планирования комплекса операций во вневегетационный период.

Технологическая карта по управлению мелиоративным состоянием почв во вневегетационный период позволила повысить продуктивность орошаемого гектара и способствовала улучшению мелиоративного состояния почв для экологической безопасности РОС и прилегающих территорий.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Математическая модель мелиоративного состояния почв рисовой оросительной системы, позволяющая решать вопросы оптимального планирования технологических операций во вневегетационный период, охраны земель и

повышения плодородия почв.

2. Закономерности влияния основных параметров и показателей почв на мелиоративное состояние рисовой оросительной системы во вневегетационный период.

3. Комплекс операций на рисовой оросительной системе для повышения мелиоративного состояния почв во вневегетационный период.

4. Результаты внедрения оптимизационной модели управления мелиоративным состоянием рисовой оросительной системы во вневегетационный период в ЗАО «Черноерковское» Славянского района за 2003-07 гг.

Реализация результатов работы:

По материалам исследований разработаны рекомендации для производства. Результаты исследований внедрены в ЗАО «Черноерковское» Славянского района Краснодарского края в 2003-07 гг., на общей площади 831га.

Апробация работы.

Основные положения диссертации и результаты исследований доложены и одобрены на научно-практических конференциях КГАУ (март 2004 г; март 2005 г; март 2006 г; март 2007 г; март 2008 г); VII региональной научно-практической конференции молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» (декабрь 2005 г, КГАУ, Краснодар); XIII международной конференции «Математика. Экономика. Образование». III Международный симпозиум «Ряды Фурье и их приложения» (29 мая-5 июня 2005 г, Ростов-на-Дону); XIV международной конференции «Математика. Экономика. Образование». IV Международный симпозиум «Ряды Фурье и их приложения» (28мая-3июня 2006 г, Ростов-на-Дону); XV Международной конференции «Математика. Образование» (28 мая-2июня 2007 г, Чебоксары).

Публикации.

Автором опубликовано 11 научных работ, в которых отражены основные положения, выносимые на защиту, 6 статей опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из пяти глав, выводов, предложений производству и списка литературы, включающего 173 наименований, в том числе 10 публикаций зарубежных авторов. Диссертация изложена на 163 страницах машинописного текста, включает 18 рисунков, 28 таблиц.

Личный вклад автора.

Приведенные в диссертации задачи исследований, теоретические и экспериментальные пути их решения, анализ, выводы и предложения производству осуществлены автором.

При разработке ряда задач, рассмотренных в диссертационной работе, автор получил помощь и ценные советы научного руководителя доктора технических наук, профессора Е.В. Кузнецова, которому выражает свою глубокую признательность.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Обоснована актуальность темы диссертационной работы; сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна; положения, выносимые на защиту; дана краткая аннотация работы.

В первой главе «Современное состояние рисовых систем в дельте реки Кубань» проведен анализ условий рисосеяния в Краснодарском крае. Установлено, что интенсивная эксплуатация РОС без комплексной оценки экологической безопасности с преобладанием экономических целей над экологическими способствовали развитию деструктивных процессов на всей территории РОС – произошел подъем уровня грунтовых вод на значительных площадях, подтопление и засоление земель, вынос гумуса. В настоящее время засолению в Краснодарском крае, в той или иной степени, подвержены **196,4** тыс.га сельскохозяйственных угодий, из них **76,4** тыс.га. засоленных почв распространены на орошаемых участках, причем более **85%** находятся в рисовых системах. За длительную историю эксплуатации РОС различные аспекты проблем мелиорации, проектирования, строительства и повышения надежности эксплуатации рисовой оросительной системы, в том числе и с учетом экологических требований, отражены и получили дальнейшее развитие в трудах: Алешина Е.П., Голованова А.И., Кузнецова Е.В., Попова В.А., Сафроновой Т.И., Тура Н.С., Чеботарева М.И.

В настоящее время вопрос управления мелиоративным состоянием почв РОС во вневегетационный период остается малоизученным и нуждается в дальнейшем развитии.

Задачи исследования:

- установить основные параметры и показатели почв, влияющие на мелиоративное состояние рисовой оросительной системы во вневегетационный период;
- установить связь между основными параметрами и показателями почв для управления мелиоративным состоянием РОС во вневегетационный период;
- разработать математическую модель мелиоративного состояния рисовой оросительной системы, позволяющую выполнять планирование комплекса технологических операций во вневегетационный период для охраны земель и сохранения плодородия почв;
- получить количественные критерии для управления экологической безопасностью рисовой оросительной системы.

Во второй главе «Схема опытов и методика исследований» установлено, что в результате строительства и эксплуатации рисовых систем на всей площади хозяйства естественный мезо- и микрорельеф нарушен.

Для решения поставленной цели по управлению мелиоративным состоянием почв РОС на территории хозяйства были выбраны шесть опытных полей общей площадью **831га**. На всех полях используется восьмипольный севооборот. При выборе опытных полей учитывался предшественник, высотное положение чеков.

На каждом опытном поле было пробурено по 4 скважины глубиной 2 м для мониторинга уровня и минерализации грунтовых вод на рисовых чеках во вневегетационный период. Выполнены почвенные разрезы, проведен анализ почвенных проб. В результате анализа были получены данные о кислотно-щелочных свойствах почвы, механическом составе почвы, а также содержании гумуса и макроэлементов в пахотном горизонте.

Описаны и обобщены методы обработки результатов исследований при планировании эксперимента по управлению мелиоративным состоянием почв во вневегетационный период. Выполнена оценка точности исследований с помощью математической модели в виде полинома, которая осуществляет связь выходного параметра y с независимыми факторами x_j , влияющими на тот или иной процесс и проверка адекватности модели по критериям Стьюдента и Фишера.

При проведении эксперимента были использованы полученные данные по четырем основным показателям, влияющим на мелиоративное состояние почв РОС во вневегетационный период: глубина залегания грунтовых вод, минерализация грунтовых вод, рН и влажность почвы. Каждому показателю была определена область оптимальных значений (таблица 1). Совокупность значений, которые используются в эксперименте, являются подмножеством из множества значений, образующих область определения.

Таблица 1 – Область оптимальных значений показателей МСП

Показатель	Единица измерения	Уровни показателей		
		max	сред	min
		1	0	-1
Минерализация грунтовых вод	г/л	4	2	0
Уровень грунтовых вод	м	3	1,85	0,7
Влажность почвы	%	85	75	65
рН почвы	-	7,5	6	4,5

В работе математическое описание МСП РОС по основным показателям во вневегетационный период представляли в виде полинома, в который разлагается неизвестная зависимость в окрестности основной точки, лежащей в области допустимых значений (таблица 1). Выполняем расчет с помощью полинома второй степени, который достаточно полно и точно описывает процесс.

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^m b_j x_j + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1(i \neq j)}^m b_{ij} x_i x_j + \sum_{j=1}^m b_{jj} x_j^2, \quad (1)$$

где b_{ij} – коэффициенты уравнения, показывающие силу взаимосвязи показателей (эффект влияния одного показателя на другой); b_{jj} – коэффициенты уравнения, показывающие квадратичный эффект влияния показателей.

В нашем случае формула (1) примет вид:

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{14} X_1 X_4 + b_{23} X_2 X_3 + b_{24} X_2 X_4 + b_{34} X_3 X_4 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{33} X_3^2 + b_{44} X_4^2, \quad (2)$$

где X_1 – минерализация грунтовых вод; X_2 – уровень грунтовых вод; X_3 – влажность почвы; X_4 – pH почвы;

В результате проведенных расчетов получены значения коэффициентов регрессии, которые характеризуют парное взаимодействие показателей при планировании четырехфакторного эксперимента: $b_0=10,4688$; $b_1=3,1438$; $b_2=2,2313$; $b_3=1,2938$; $b_4=0,7063$.

Определяем дисперсию воспроизводимости ($S_{\text{воспр}}^2 = 0,0881$), а с ее помощью проверяем значимость коэффициентов уравнения регрессии и при наличии степеней свободы – адекватность описания полученного уравнения рассматриваемого процесса.

Точность опыта определяли как отношение дисперсии воспроизводимости к корню квадратному из числа опытов: $S_{B_i} = 0,0220$.

Для проверки значимости коэффициентов уравнения регрессии сравниваем полученные значения критерия Стьюдента t_i с табличным значением t_{ip} (таблица 2). Для данных условий табличное значение критерия Стьюдента составляет: $t_{ip} = t_2(0,05) = 2,0360$.

Таблица 2 – Определение значимости коэффициентов уравнения регрессии

№ п/п	t_i	t_{ip}	Значимый / незначимый
1	142,8098	2,0360	значимый
2	101,3587	2,0360	значимый
3	58,77199	2,0360	значимый
4	32,08429	2,0360	значимый

Из таблицы 2 следует, что все полученные коэффициенты регрессии оцениваются как значимые.

Проверку на адекватность выполненных исследований проводили по критерию Фишера:

$$F = \frac{S_{\text{осн}}^2}{S_{\text{воспр}}^2} = \frac{0,092037}{0,088056} = 1,045216 \quad (3)$$

Так как $F_p = 1,045216 < F_m = 5,7$, то в этом случае правильно говорить так: у нас нет достаточных оснований, чтобы считать модель неадекватной или гипотеза об адекватности не противоречит основным полученным данным. Поэтому проведенные исследования мелиоративного состояния почв рисовой оросительной системы во вневегетационный период оцениваются как адекватные.

В третьей главе «Полевые исследования мелиоративного состояния почв» выполнен анализ мониторинга, проведенного во вневегетационный период 2006-07гг. по шести опытным полям. Установлено, что влажность почвы в пахотном горизонте во вневегетационный период была в пределах от 64 до 81 % от НВ; pH в пахотном горизонте находится в допустимом диапазоне для выращивания культуры риса от 5,3 до 7,5. Мониторинг уровня грунтовых вод показал, что глубина

залегания грунтовых вод изменялась от 0 до 1,4 м и к концу вневегетационного периода происходит опреснение грунтовых вод с выносом макроэлементов в нижние слои почвы. Установлено, что уменьшение степени минерализации грунтовых вод во вневегетационный период происходит за счет большого количества выпавших осадков, высокого уровня грунтовых вод и промывного режима рисовых почв.

На основании выполненных исследований разработана методика бальной оценки мелиоративного состояния почв РОС во вневегетационный период. Критериями оценки экологической безопасности МСП является количество баллов, полученных по 8 почвенным показателям (уровень грунтовых вод, рН почвы, почвенные агрегаты, гумус, N,P,K, тип засоления), и оцененным – от 1 до 5 баллов. Улучшение МСП происходит в том случае, если каждый показатель стремится к единице во вневегетационный период.

Для комплексной оценки мелиоративного состояния почв на рисовом чеке по полученной сумме баллов разработана шкала (рисунок 1) с указанием количества баллов и оценкой мелиоративного состояния почв на рисовом чеке.

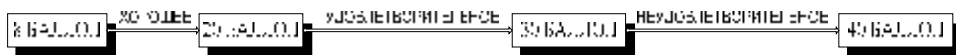


Рисунок 1 – Шкала количественной оценки мелиоративного состояния почв на рисовом чеке

В период исследований 2003-07гг. во вневегетационный период на опытных полях выполнялся комплекс технологических операций в соответствии с составленными технологическими картами. Технологические карты составлялись с учетом данных мониторинга мелиоративного состояния почв на рисовых чеках. Также учитывалось влияние рассматриваемых показателей на мелиоративное состояние почв и предшественник.

Проведение комплекса технологических операций во вневегетационный период позволило улучшить мелиоративное состояние почв на опытных полях. В таблице 3 показаны изменения мелиоративного состояния почв от проведения комплекса технологических операций на третьем опытном поле ЗАО «Черноерковское» Славянского района.

В результате проведения комплекса технологических операций во вневегетационный период были получены положительные результаты (таблица 3), что подтвердило правильность выбранных нами мелиоративных мероприятий. Анализ мелиоративного состояния почв во вневегетационный период по разработанной бальной методике показал, что в результате проведения комплекса технологических операций имеется возможность сохранять хорошее мелиоративное состояние почв и в том числе его повышать.

Полученные результаты послужили основой для разработки математической модели управления мелиоративным состоянием почв во вневегетационный период на РОС, которая описана в четвертой главе диссертации.

Таблица 3 – Результаты влияния технологических операций на мелиоративное состояние почв ЗАО «Черноерковское» Славянского района

Наименование (поле №3)	Единица измерения	Годы			
		2003	2004	2005	2006
Предшественник	-	Люцерна 1-го года	Люцерна 2-го года	Рис	Рис
Уровень грунтовых вод	м	0,9	1,1	1,2	1,3
Минерализация грунтовых вод	г/л	3,15	3,02	2,86	2,76
pH почвы	-	7,3	7,26	7,18	7,1
Содержание гумуса	%	4,45	4,46	4,48	4,50
Обеспеченность гидролизуемым азотом	мг/100 г	4,59	4,74	4,82	4,90
Обеспеченность подвижным фосфором	мг/100 г	1,38	1,43	1,51	1,58
Обеспеченность подвижным калием	мг/100 г	26,83	26,96	27,54	28,65

В четвертой главе «Построение оптимизационной модели управления мелиоративным состоянием почв на рисовых оросительных системах ЗАО «Черноерковское» Славянского района» разработана система управления мелиоративным состоянием почв рисовой оросительной системы с получением информации для своевременного осуществления мероприятий по улучшению мелиоративного состояния почв и предотвращения процессов деградации почв на РОС во вневегетационный период.

Управление мелиоративным состоянием почв осуществляется с помощью разработанной математической модели. Для проверки адекватности модели использовался специальный метод оценивания параметров линейной модели и рассчитана гетероскедастичная ошибка.

Гипотеза о гетероскедастичности проверялась при помощи F -теста и верифицировала гипотезу о равенстве дисперсии отклонений двух крайних групп наблюдаемых значений. Рассматривалось два подмножества наблюдений (с количеством наблюдений n_1 и n_2 соответственно), относительно которых сделано предположение о том, что дисперсия их отклонений может быть минимальной и максимальной.

Рассчитывалось наблюдаемое значение

$$F = s_2^2(e) / s_1^2(e) = 0,021972 / 0,064387 = 2,93. \quad (4)$$

Так как в результате расчетов получено, что $F = 2,93 < F^*(\alpha; n_2 - p - 1; n_1 - p - 1) = 3,28$, то основания для отклонения гипотезы H_0 отсутствуют, дисперсия случайных отклонений стабильна во времени. Следовательно, математическая модель оценивается как адекватная.

Целевыми функциями для данной математической модели являются: минимум темпов подъема грунтовых вод и их минерализации; минимум темпов снижения макроэлементов (гидролизуемого азота, подвижного фосфора, подвижного кальция); минимум темпов снижения гумуса в почве; минимум текущих экономических затрат на проведение комплекса технологических операций.

Для составления алгоритма работы оптимизационной модели ресурсного обеспечения РОС введём управляющие переменные y_j – показывающие недостающие объемы ресурсов (природных, энергетических, трудовых, водных, земельных, финансовых) в конкретных источниках ресурсов, формула (5)

$$\sum_j b_j y_j \rightarrow \min \quad , \quad (5)$$

где j – индекс источника ресурса (ИР), b_j – коэффициент относительной важности ИР, y_j – недостающий объём ресурса в j -м ИР; $y_j \geq 0$.

На практике весовые коэффициенты связей элементов b_j определяют на основе экспертных суждений.

Ограничения на текущие затраты выражены неравенством:

$$\sum_i \sum_j a_{ij} x_{ij} \leq K \quad , \quad (6)$$

где a_{ij} – затраты на обеспечение i -го чека единицей ресурса из j -го ИР, K – объём текущих затрат на развитие мелиорации.

При планировании комплекса технологических операций учитывалась оценка трудности достижения требуемого качества d_j характеризующая степень выполнения требований, предъявляемых к качеству ресурса. Разработанная оценка может трактоваться как обобщенная мера степени риска недостижения требуемого качества на основе сопоставления значения показателя качества и нормативного ограничения.

Отметим вероятностную интерпретацию частных оценок d_j , по j -му показателю качества. Требование к интегральному качеству выполнимо, если $m_j > e_j$. Причем, если качество m_j РОС хотя бы по одному показателю качества ниже соответствующего порогового значения e_j , то удовлетворить требования к интегральному качеству невозможно.

Пусть A – событие, состоящее в том, что не выполнено требование к интегральному качеству, а B_j – событие, состоящее в том, что не выполнено требование к качеству мелиоративного состояния РОС по j -му показателю, $\overline{B_j}$ – событие, противоположное B_j . Тогда $P(A/\overline{B_j})$ – вероятность невыполнения

требований к качеству мелиоративного состояния РОС при условии, что требования к качеству выполнены по j -му показателю:

$$P(A/\overline{B}_j) = \frac{P(B_j)[1 - P(B_j/A)]}{P(B_j/A)[1 - P(B_j)]}. \quad (7)$$

Обозначим $d_j = P(A/\overline{B}_j)$; $e_j = P(B_j)$ – вероятность некачественности по j -му показателю, $m_j = P(B_j/A)$ – вероятность некачественности мелиоративного состояния РОС по j -му показателю при условии, что требования к РОС не выполнены.

В силу вероятностной природы величины d_j , e_j , m_j принимают значения из отрезка $[0;1]$.

Событию A/\overline{B}_j соответствует неопределенность (энтропия информации), равная $-\ln[P(A/\overline{B}_j)]$, а противоположному событию $\overline{A}/\overline{B}_j$ – информационная оценка, все это записывается в виде уравнения (8):

$$-\ln[P(\overline{A}/\overline{B}_j)] = \ln[1 - P(A/\overline{B}_j)] = \ln \frac{1}{1 - d_j} = J(d_j) = C_j. \quad (8)$$

Из (8) следует: 1. $C_j = 0$ при $d_j = 0$; 2. $C_j \rightarrow \infty$ при $d_j \rightarrow 1$.

Величины C_j выражают информацию о значимости j -го ресурса в процессе достижения мелиоративного состояния РОС. Потому можно рассматривать C_j как универсальные стоимостные характеристики единицы j -го ресурса и использовать их в роли коэффициентов линейной целевой функции в оптимизационной модели.

Поэтому согласно разработанной методике, управление мелиоративным состоянием почв для экологической безопасности на рисовом чеке осуществляется с помощью комплексного подхода к имеющимся в наличии ресурсам. Распределение ресурсов между опытными полями происходит таким образом, что при наличии свободных ресурсов в модели предусмотрено добавление технологических операций тому полю, которое имеет самые неблагоприятные почвенные показатели. Выбор технологических операций осуществляется с учетом: истории поля (предшественник), уровня грунтовых вод, минерализации грунтовых вод, кислотно-щелочных свойств почвы, содержания гумуса и макроэлементов в почве. Экспертные оценки для выбора технологических операций представлены в таблице 4.

Полученный алгоритм управления мелиоративным состоянием почв рисовой оросительной системы осуществляется в два этапа (рисунок 2). На первом этапе устанавливается совместность системы ограничений, на втором этапе корректируются коэффициенты целевой функции на базе стандартного программного обеспечения с использованием пакета прикладных программ «Линейное программирование».

Таблица 4 – Оптимальный интервал и оценка показателей экологической безопасности почв РОС

Наименование показателя	Оптимальный интервал	Экспертная оценка влияния показателя на МСП
Уровень грунтовых вод	2,0-2,5 м	0,25
Минерализация грунтовых вод	0-1,5 г/л	0,25
pH почвы	6,5-7,5	0,05
Содержание гумуса в почве	4-6%	0,20
Содержание в почве макроэлементов (по Мачигину): - гидролизуемого азота - подвижного фосфора, - подвижного калия	4-7 мг/100г 1,5-3,0 мг/100г 10-20 мг/100г	0,15

Выполнение комплекса технологических операций во вневегетационный период в соответствии с технологическими картами, полученными в результате использования оптимизационной модели, способствовало улучшению мелиоративного состояния почв на опытных полях в ЗАО «Черноерковское» Славянского района с 2003 по 2007 гг.

В пятой главе «Оценка эффективности инвестиционного проекта ЗАО «Черноерковское» Славянского района» выполнен расчет показателей эффективности инвестиционного проекта (таблица 5).

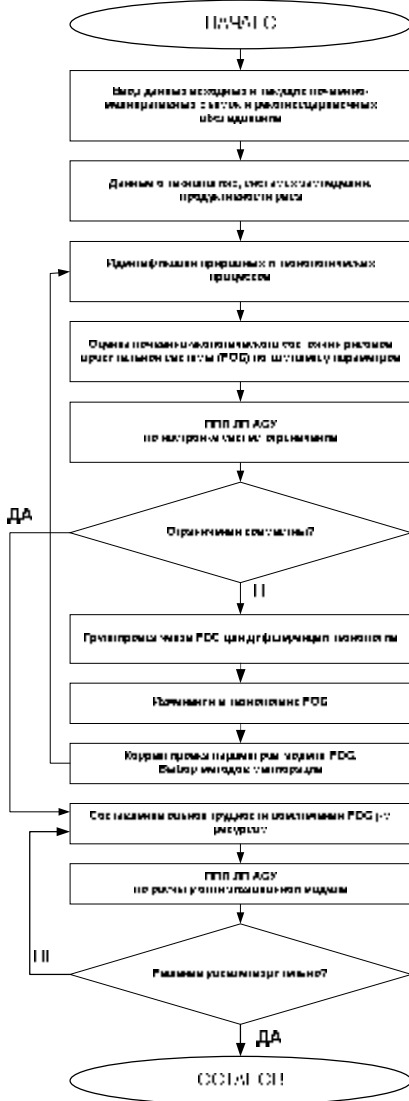
По данным мониторинга подбирается комплекс технологических операций и составляется технологическая карта. Фрагмент технологической карты по опытному полю №3 представлен в таблице 6. Проведение комплекса технологических операций во вневегетационный период позволило получить экономический эффект за счет снижения: уровня грунтовых вод на 0,3м; уменьшения минерализации грунтовых вод с 1,41 до 1,36г/л. Изменилась реакция почвенного раствора с 7,3 до 7,1. Содержание гумуса в пахотном горизонте увеличилось до 4,5, подвижного калия на 8%; подвижного фосфора на 11%; гидролизуемого азота на 7%.

Общие показатели эффективности, полученной от проведения технологических операций в 2003-06гг. на площади 693га ЗАО «Черноерковское» Славянского района, приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Показатели экономической эффективности проекта

Показатели эффективности	Значение
Чистый дисконтированный доход, тыс. руб.	293
Индекс доходности	6,2
Дисконтированный срок окупаемости, лет	3,5

Отмеченные показатели подтверждают экономическую и экологическую целесообразность проведения данной работы, создания и эксплуатации математической модели по управлению мелиоративным состоянием почв рисовой оросительной системы.



Блок настройки системы ограничений

$$\sum_j b_j y_j \rightarrow \min$$

$$b_j$$
 – коэффициент потребности в ресурсе (РД)

$$y_j$$
 – величина объема ресурса (в РД)

$$\sum_j x_{ij} \leq b_j$$

$$x_{ij}$$
 – объем ресурса, потребляемого при выполнении i -го объекта (в РД)

$$b_j$$
 – величина ресурса для j -го объекта (в РД)

$$x_{ij} < x_{ij} < x_{ij}, \quad y_j \geq 0$$

$$x_{ij}$$
 и y_j – соответственно плановый и фактический объемы ресурса (в РД)

$$\sum_i x_{ij} - y_j < r_j$$

$$r_j$$
 – фактический объем ресурса (в РД)

$$\sum_i \sum_j a_{ij} x_{ij} \leq K$$

$$a_{ij}$$
 – затраты на объект i в ресурсе j

$$K$$
 – общий объем ресурса

$$m_j = m_j + \Delta m_j$$

$$m_j$$
 – фактический объем ресурса (в РД)

$$m_j$$
 – плановый объем ресурса ($0 \leq m_j \leq 1$)

Блок корректировки параметров модели РДС

$$e_j = e_j + \Delta e_j$$

$$e_j$$
 – коэффициент потребности в ресурсе (в РД)

$$e_j$$
 – потребность в ресурсе ($0 \leq e_j \leq 1$)

$$d_j = \frac{e_j(1 - m_j)}{m_j(1 - e_j)}; m_j > e_j$$

$$d_j$$
 – коэффициент потребности в ресурсе (в РД)

$$C_j = \ln \frac{1}{1 - d_j}$$

$$C_j$$
 – коэффициент потребности в ресурсе (в РД)

Различия в зависимости модели

$$\sum_i \sum_j C_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

$$C_{ij} x_{ij}$$
 – затраты на объект i в ресурсе j

Рисунок 2 – Блок-схема построения оптимизационной модели ресурсного обеспечения рисовой оросительной системы

Таблица 6 – Технологическая карта по выполнению комплекса технологических операций на поле №3 (S=134га) во вневегетационный период 2006-07г в ЗАО «Черноерковское» Славянского района

№ п/п	Наименование технологических операций (предшественник рис)	Состав агрегата		Заграта на выполнение всего объема работ, в т.ч. на з/п механизатору за выполненный объем, руб.	заграта на ТСМ, руб.	всего, затрат, руб.
		трактор	сельхоз машина			
1	Нарезка и восстановление периферийных канавок (глубина 0,6-0,8м по периметру чека)	ДТ-75Б	МК-23	504	4392	4896
2	Выравнивание чеков	ДТ-75М	Д-569	1453	8800	10253
3	Прокладка краевого дренажа (междурядье 1-4м, глубина 0,4-0,6м, уклон 0,01-0,02)	ДТ-75Б	КН-1М	20432	11987	32419
4	Основная обработка почвы (глубина 0,22-0,25 м)	Т-150	ПЛН-5-35	8576	32588	41164
5	Очистка оросительных и сбросных каналов	ЭО-2621	-	1432	15674	17106
6	Подсыпка чековых валков до проектных отметок	ДТ-75М	Д-569	1325	1318	3043
7	Оправка валиков и дорог до проектных отметок (не менее двух следов по стороне валика дороги)	Т-150К	Д-20 БМА	950	1368	2318
8	Выборка грунта в углах чеков (0,7 м ³ на 1га.)	ДТ-75Б	Д-606	1203	1436	2639
9	Глубокое рыхление (нижезаевание, глубина 0,16-0,18 м)	ДТ-75М	КЗУ-0,3В	3752	17890	21642
10	Расстирание и измельчение слежавшихся минеральных удобрений	МТЗ-82Р	АИР-20	1389	2195	3584
11	Смешивание и потрузка минеральных удобрений в транспортные средства	МТЗ-82Р	СЗУ-20	1302	2275	3577
12	Транспортировка минеральных удобрений в поле до 5 км.	МТЗ-82Р	2-ТТС-4М	897	1234	2131
13	Внесение фосфорных и калийных удобрений	МТЗ-82Р	СНЦ-500	3687	28652	32339
14	Дискование с заделкой минеральных удобрений (глубина 0,10-0,12м)	ДТ-75М	БДТ-3,0	4123	24865	28988
15	Планировка поверхности чеков (два следа с точностью ± 50 мм.)	Т-150К	ПА-4	2896	41983	44879
16	Внесение азотных удобрений	МТЗ-82Р	СНЦ-500	2139	7975	10114
17	Перепахка зяби с заделкой минеральных удобрений (глубина 0,12-0,14 м)	Т-150	ППЛ-10-25	2097	8154	10251
18	Дискование (глубина 0,08-0,10м)	ДТ-75М	БДТ-3,0	3843	20876	24719
19	Предпосевное измельчение почвы с выравниванием поверхности	ДТ-75М	КСР-2,1 МВ-6 + (3шт.)	4280	35987	40267
Всего по полю №3		-	-	66280	269649	336329

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Установлено, что на мелиоративное состояние рисовой оросительной системы в большей степени оказывают влияние во вневегетационный период: глубина залегания и минерализация грунтовых вод; влажность, механический и химический состав почвы.

2. Получена связь между основными параметрами и показателями почв для управления мелиоративным состоянием рисовой оросительной системы во вневегетационный период: уровень грунтовых вод определяется природно-климатическими факторами и на незасоленных почвах глубина залегания грунтовых вод не должна превышать 0,5м, для слабо- и средnezасоленных – 1,5м, для сильнозасоленных – 2,5м; влажность и просушка почвы влияют на окислительно-восстановительные процессы; баланс макроэлементов в почве определяется положением уровня грунтовых вод; колебание уровня грунтовых вод определяет содержание Ca, Mg, Na и pH почвы и оказывает значительное влияние на механический состав почвы.

3. Разработана математическая модель управления мелиоративным состоянием рисовых чеков, которая позволяет выбрать оптимальный комплекс технологических операций во вневегетационный период для экологической безопасности рисовой оросительной системы.

4. Получены количественные критерии экологической безопасности рисовой оросительной системы для оценки мелиоративного состояния почвы по восьми показателям (уровень грунтовых вод, pH почвы, почвенные агрегаты, гумус, N, P, K, тип засоления). Каждому показателю, в зависимости от влияния на мелиоративное состояние почвы, присваивается балл от 1 до 5. Улучшение мелиоративного состояния почв происходит в том случае, если каждый показатель стремится к единице во вневегетационный период. По разработанной методике балльной комплексной оценки мелиоративного состояния почв рисовой оросительной системы выполняется подсчет общего количества баллов по восьми показателям. Мелиоративное состояние почв считается хорошим при сумме 8-20, – удовлетворительным – 20-30, – неудовлетворительным – 30-40 баллов соответственно.

5. Экономический эффект от проведения комплекса технологических операций во вневегетационные периоды 2003-06гг. в ЗАО «Черноерковское» Славянского района Краснодарского края на территории общей площадью 693га составил 2,4тыс. руб./га.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

Статьи в изданиях из перечня ВАК

1. Приходько И.А. Системно информационная оценка экологического состояния рисовой оросительной системы. / И.А. Приходько, Е.В. Кузнецов, Т.И. Сафронова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – №3. – с. 28-30.

2. Приходько И.А. Семантическая информационная модель экологической ситуации на рисовой оросительной системе / И.А. Приходько,

Е.В. Кузнецов, Т.И. Сафронова // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2006. – Вып. № 4. – с. 13-15.

3. Приходько И.А. Информационная модель управления качеством состояния рисовой оросительной системы / И.А. Приходько, Т.И. Сафронова // Тр. КубГАУ. – Вып. № 2 (6). – 2007. – с. 11-15.

4. Приходько И.А. Мониторинг экологической обстановки на рисовых оросительных системах / И.А. Приходько, Е.В. Кузнецов, Н.П. Дьяченко // Тр. КубГАУ. – Вып. №5 (9). – 2007. – с. 201-206.

5. Приходько И.А. Оптимизация ресурсного обеспечения рисовой оросительной системы. / И.А. Приходько, Н.П. Дьяченко // Тр. КубГАУ. – 2007. – Вып. №4(8). – с. 170-173.

6. Приходько И.А. Основные принципы управления мелиоративным состоянием и экологической безопасностью рисовой оросительной системы / И.А. Приходько, Е.В. Кузнецов, Н.П. Дьяченко, А.В. Литовченко. // Тр. КубГАУ. – 2008. – Вып. №1(10) – с. 203-209.

Научные статьи

7. Приходько И.А. Оценка водно-солевого режима почвогрунтов на рисовых системах. / И.А. Приходько, Т.И. Сафронова, В.И. Степанов // Сб. науч. тр. XIII Международной конференции «Математика. Экономика. Образование». – Ростов-на-Дону. – 2005. – с.92-97.

8. Приходько И.А. Оценка экологической ситуации на действующих рисовых оросительных системах / И.А. Приходько, Т.И. Сафронова // Сб. матер. XIII международной конференции Математика. Экономика. Образование. III Международный симпозиум «Ряды Фурье и их приложения». 25 мая – 5 июня 2005. – Ростов-на-Дону. – с.12.

9. Приходько И.А. Алгоритм управления мелиоративным состоянием рисовой оросительной системы / И.А. Приходько, Т.И. Сафронова // Сб. матер. XIV Международная конференция. Математика. Экономика. Образование. VI Международный симпозиум «Ряды Фурье и их приложения». 28 мая-3 июня 2006. – Ростов-на-Дону. – с.156-157.

10. Приходько И.А. Мониторинг почвенно-мелиоративного состояния земель дельты реки Кубань. / И.А. Приходько, Т.И. Сафронова. // Научный журнал КубГАУ. – 2006. – №01(17). – 8 с.

11. Приходько И.А. Оценка экологической обстановки на рисовой оросительной системе / И.А. Приходько, Т.И. Сафронова // Сб. матер. XV Международная конференция. Математика. Образование. 28 мая-2июня 2007. – Чебоксары. – с. 220.

Авторские свидетельства и патенты

12. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2007614460 (Заявка № 2007613541). Комплекс технологических операций по улучшению мелиоративного состояния почв рисовой оросительной системы / И.А. Приходько, Е.В. Кузнецов, Н.П. Дьяченко, А.В. Литовченко.