

На правах рукописи

Бадмаева Софья Эрдыниевна

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ
ЗЕМЕЛЬ ЮГА СРЕДНЕЙ СИБИРИ

03.00.16 – экология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Красноярск - 2007

Работа выполнена в ФГОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет» на кафедре мелиорации и гидрометеорологии и в ГУП «Сибирский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации».

Научный консультант доктор технических наук, профессор
Цугленок Николай Васильевич

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник
Мукина Любовь Романовна

доктор биологических наук, профессор
Горбачев Владимир Николаевич

доктор биологических наук,
Онучин Александр Александрович

Ведущая организация Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

Защита состоится « » 2007 г. в часов на заседании диссертационного
совета Д 220.037.01 при ФГОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный
университет» по адресу: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 90

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГОУ ВПО «Красно-
ярский государственный аграрный университет»

Автореферат разослан « » 2007 г.

Ученый секретарь диссертационного совета

Д.Е. Полонская

Актуальность проблемы. Состояние экологической системы изменяется под влиянием природных и антропогенных воздействий. Если реакция системы на воздействие естественных факторов (например, климата) охватывает длительные промежутки времени, сопоставимые с эпохами, то результаты человеческой деятельности проявляются несравнимо быстро (Лаппо, Цугленок, 1999).

Интенсификация сельскохозяйственного производства определяется экологически безопасными технологиями улучшения природных режимов в агроценозах. Экологически совершенные мелиоративные системы – это те, в которых природоохранные и антропогенные элементы находятся в оптимальном соотношении. Создание таких систем - одна из важнейших задач мелиоративной науки и практики. На современном этапе мелиоративные системы еще не являются экологически совершенными и не отвечают всем требованиям охраны природы, хотя и создаются на базе мелиоративных гидрологических изысканий и обосновывающих материалов с обязательной разработкой природоохранных мероприятий, подвергаются экологической экспертизе. Но немало случаев отрицательного влияния мелиорации на окружающую среду: мелиорация в определенных условиях может усилить негативный фактор природных явлений. Круг экологических проблем, связанных с развитием ирригации, сегодня хорошо известен. Степень проявления экологических последствий орошения определяется исходным состоянием почв, качеством оросительной воды, режимами орошения, уровнем агротехнологий. Поэтому весь комплекс мероприятий по предотвращению негативных последствий орошения нужно строить с учетом этих факторов. Кроме того, несоблюдение экологически безопасных режимов орошения приводит к непроизводительным затратам поливной воды, возникновению процессов вторичного засоления почв, поднятию уровня грунтовых вод. Не всегда учитывается качество оросительной воды, ее химический состав и загрязненность. Необходимость решения этих проблем на орошаемых землях юга Средней Сибири дало направление исследованиям по обоснованию требований к качеству оросительной воды, обеспечивающих поддержание благоприятного эколого-мелиоративного режима земель, разработке экологически безопасных режимов орошения культур в комплексе с агроэкологическими мероприятиями. Требуют рассмотрения вопросы влияния орошения на солевой, температурный и пищевой режимы почв в жестких климатических условиях юга Средней Сибири в системе «качество воды-почва-растение».

Цель - научное обоснование эколого-мелиоративного регулирования почвенных процессов на орошаемых землях юга Средней Сибири для улучшения плодородия почвы и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур.

Основные задачи:

- обосновать экологические аспекты влияния орошения на направленность почвенных процессов;
- оценить качество воды в источниках орошения по экологическим показателям и его влияние на свойства почв и продукцию;
- разработать экологически безопасные режимы орошения сельскохозяйственных культур на годы расчетной обеспеченности осадками при разных способах полива;
- изучить особенности солевого режима орошаемых земель;

- разработать приемы повышения продуктивности орошаемых земель, включающих агроэкологические мероприятия;
- выявить влияние орошения на температурный и пищевой режим почв.

Научная новизна. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность сохранения и восстановления орошаемых земель юга Средней Сибири. Введены экологические ограничения к оросительным системам и они разработаны для трех основных блоков: вода – почва – растение. Впервые в условиях юга Средней Сибири проведена оценка влияния качества оросительной воды на свойства почвы и сельскохозяйственную продукцию, теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены элементы почвоохранной технологии орошения земель - разработка экологически безопасных режимов орошения на годы расчетной обеспеченности осадками при разных способах полива. Определена оптимальная мощность увлажняемого слоя почвы, допустимый предполивной порог снижения влажности. Изучены особенности засоленных почв. Показаны агроэкологические приемы повышения продуктивности длительно-сезонно-промерзающих почв, влияние орошения на температурный и пищевой режимы.

Защищаемые положения:

- концепция устойчивого функционирования агроэкосистем на орошаемых землях при регулировании влажности почвы с целью получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур;
- качество воды в источнике орошения определяет связь вода-почва-растение;
- регулирование водного режима почвы оптимизирует температурный, пищевой и солевой режимы почвы;
- оптимизация водного режима почв с сохранением их автоморфности наиболее распространенных орошаемых земель юга Средней Сибири определяется с учетом: способов полива, дифференцированных режимов орошения, качества оросительной воды.

Практическая значимость. Материалы используются при проектировании, строительстве и эксплуатации оросительных систем на юге Средней Сибири. На основе полученных результатов разработаны экологически безопасные режимы орошения сельскохозяйственных культур, комплекс агроэкологических мероприятий с использованием информационно-ресурсного потенциала системы, экологических ограничений и многокритериальной оценки.

Работа выполнена по заданию ГКНТ СМ СССР от 12.05.85 г. и является частью суперпрограммы «Сибирь» по подпрограмме 1.04.01. «Экология КАТЭК» разделом темы, выполненной в 1985-1990 гг., – «Разработать и внедрить технологический процесс мелиорации пойменных земель Восточной Сибири, в том числе р. Чулым»; в 1991-1993 гг. по программе 1.7; 2-21.29 – «Разработать интенсивные энергосберегающие экологически безвредные технологии выращивания кормовых культур для получения урожайности с высокой энергетической и протеиновой питательностью на мелиорируемых землях»; в 1993-1995 гг. – по программе 1.3; 26.1903 – «Разработать методы управления плодородием на землях с неблагоприятной мелиоративной обстановкой (засоленных, солонцеватых, тяжелых, глеевых почв) для различных регионов республики».

Апробация работы. Результаты исследований опубликованы в 39 научных

работах, в том числе 2 монографиях. Основные положения диссертации были представлены и обсуждены на следующих совещаниях и конференциях: Всесоюзные и российские: «Повышение эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве» (Новочеркасск, 1990); «Экологические аспекты мелиорации Северного Кавказа» (Новочеркасск, 1990); «Рациональное природопользование в криолитозоне» (Якутск, 1990); «Повышение качества и технического уровня проектов в условиях новых методов хозяйствования» (Абакан, 1990); «Водохозяйственное строительство и экологические проблемы» (Тбилиси, 1991); «Вопросы водохозяйственного строительства, мелиорации, использования и охраны водных ресурсов» (Ереван, 1991) «Проблемы мелиорации земель Сибири» (Красноярск, 1991); «Наука – сельскому хозяйству» (Красноярск, 1993); «Проблемы освоения Барабинской низменности» (Москва-Новосибирск, 1995); «Технологии неистощительного землепользования» (Красноярск, 1997); «Научное и кадровое обеспечение земельных преобразований в России» (Москва, 2002); «Природообустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России» (Москва, 2005), «Аграрная наука на рубеже веков» (Красноярск, 2005, 2006).

Личный вклад автора. Постановка задач, выполнение лабораторных и полевых исследований, обработка и анализ полученного материала. Доля автора в совместных публикациях – 70 %.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, общих выводов, предложений производству, списка литературы. Работа изложена на 280 страницах компьютерного текста, включает 70 таблиц, 39 рисунков, список литературы из 367 наименований.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность научному консультанту доктору технических наук, профессору Цугленку Н.В., доктору географических наук, профессору Буракову Д.А., кандидату технических наук Глушковой Н.И., кандидату сельскохозяйственных наук Струкову Н.Т., сотрудникам кафедры мелиорации и гидрометеорологии Чернышевой Н.С., Малышевой Е.И., Сафонову А.Я.

Во введении обоснована актуальность темы, изучено состояние научной разработанности проблемы, определены цель, задачи, объект и методология исследований, изложены научная новизна и практическая ценность работы, представлены основные положения работ, выносимые на защиту, и их апробация.

В первой главе изучены теоретические основы экологических аспектов орошения. Дано качество поверхностных вод для ирригации по экологическим показателям и требования к водному режиму почв по сохранению плодородия орошаемых земель. Рассмотрены вопросы регулирования водно-солевого режима почв.

Во второй главе рассмотрены объекты, и разработана методика исследований. Дана краткая характеристика природных условий. В Средней Сибири выделяют зоны, где сосредоточен мелиоративный фонд орошаемых земель. По агроклиматическому районированию (Шашко, 1967) земледельческая территория Средней Сибири включена в умеренный агроклиматический пояс, в котором выделены три природные зоны – южно-таежно-лесная, лесостепная и степная.

В целом сельскохозяйственная зона – типичная горная страна с широкими межгорными котловинами и широкими вытянутыми долинами, среди которых выделяются Минусинская, Красноярская, Канская, Ачинско-Боготольская котловины. Минусинская котловина, в которой проведены исследования, имеет расчлененный рельеф, обусловленный протекающими здесь реками. Основные породы, слагающие пониженные части котловины, относятся к девонским осадочным отложениям. Большая часть этих отложений континентального происхождения, морским осадкам принадлежит подчиненная роль. Поверхностные материнские породы разнообразны, господствуют глины и суглинки, в небольшом количестве встречаются породы легкого механического состава, главным образом в речных долинах и озерных котловинах (Бугаков, Чупрова, 1995). В качестве основных особенностей влияния рельефа и почвообразующих пород на развитие и формирование почвенного покрова можно выделить следующее: в связи с расчлененностью рельефа грунтовые воды залегают глубоко (Горшенин, 1955) и солевые продукты почвообразования уносятся, то какого-либо влияния их на процессы почвообразования здесь не наблюдается. По агроклиматическому районированию территория отнесена к умеренному поясу, холодно-умеренному подполюсу. Осадков выпадает мало (от 212 до 350 мм), особенно мало их в центральных частях котловин. Характерны сильные колебания по годам. Засушливыми бывают как отдельные годы, так и целые периоды по 3-5 лет. Недостаток общего количества влаги смягчается тем, что максимум приходится на конец летнего периода. Высота снежного покрова даже в защищенных местах не превышает 10-20 см. С открытых пространств и повышенных элементов рельефа он сносится, поэтому почвы глубоко промерзают.

Орошаемое земледелие носит островной характер, обусловленный особенностями рельефа, сосредоточено по впадинам. В лесостепной зоне юга Средней Сибири центр котловин занимают обыкновенные черноземы, иногда выщелоченные, а основными почвами степной зоны являются каштановые почвы, располо-

женные на древнеаллювиальных равнинах, которые в зависимости от содержания гумуса подразделяются на светло-каштановые, каштановые и темно-каштановые. Эти почвы имеют укороченный профиль. Орошаемый фонд черноземов составляют его подтипы: южный, обыкновенный и частично выщелоченный. Они сформировались в условиях умеренно-влажного континентального климата под степной и лугово-степной растительностью на автоморфных местоположениях преимущественно на карбонатных породах.

Исследования проводились в лесостепной и степной зоне юга Средней Сибири в пределах Красноярского края и Республики Хакасия на Новоселовской и Озерновской оросительных системах. Источником орошения Новоселовской оросительной системы является Красноярское водохранилище. Площадь орошения нетто составляет 4163 га, полив производится ДМУ – «Фрегат» и шлейфами ДШК – 25/300 (рис. 1).



Рисунок 1 - Схема Новоселовской оросительной системы

Средняя годовая сумма осадков равна 407 мм, годовое испарение с водной поверхности – 640 мм, с поверхности почвы – 350 мм. Промерзание почвы из-за низких температур и незначительной мощности снегового покрова, как правило, превышает 200 см, а полное оттаивание происходит во второй и третьей декадах июня.

Особенности рельефа, материнских пород, водного режима и ветровой активности находят свое отражение в почвенном покрове. Доминирующими в структуре почвенного покрова являются черноземы обыкновенные средне- и тяжелосуглинистые – более 79% (табл. 1).

Почвы опытного участка представлены черноземами обыкновенными среднесуглинистыми. Грунтовые воды расположены на глубине 20 м. Колебания мощности гумусового горизонта находятся в пределах от 27 до 33 см и в среднем составляют 29 ± 1.05 см.

Таблица 1 – Структура почвенного покрова Новоселовской оросительной системы (площадь брутто)

Наименование почвенной разности	Площадь	
	га	%
Черноземы выщелоченные	851	17,7
Черноземы обыкновенные	3799	79,1
Лугово-черноземные солончаково-солонцеватые	130	2,7
Солончак луговой	23	0,5
Итого:	4803	100

Водно-физические свойства чернозема обыкновенного среднесуглинистого представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Водно-физические свойства почв чернозема обыкновенного среднесуглинистого

Глубина отбора образцов, см	Плотность сложения, г/см ³	НВ	МГ	ВЗ	ДАВ
		% от объема почв			
0-10	1,09	27,5-28,1	8,0-8,9	12,1-13,4	15,4-14,7
10-20	1,12	28,0-27,4	8,9-9,3	13,4-13,9	14,6-13,5
20-30	1,16	26,4-26,9	9,3-9,5	13,9-14,3	12,5-15,0
30-40	1,20	25,2-25,4	9,5-10,0	14,3-15,0	10,7-10,4
40-50	1,23	24,6-24,9	9,2-10,5	13,8-15,8	10,8-9,1
50-60	1,29	26,4-25,0	10,1-10,6	15,1-15,9	11,1-9,1
60-70	1,32	28,3-25,6	10,5-10,7	16,1-16,1	12,5-9,5
70-80	1,31	28,5-25,2	10,7-10,5	16,1-15,8	12,4-9,4
80-90	1,38	29,1-26,9	12,3-10,8	18,4-16,2	10,7-10,6
90-100	1,42	30,4-25,0	13,4-10,7	20,1-16,1	10,3-8,9

Озерновская оросительная система расположена в поймах рек Черный и Белый Июс и занимает площадь 2250 га. Фонд пойменных почв, где может быть применен полив затоплением составляет более 23 тыс. га. Эти почвы отличаются высоким плодородием, но в засушливые годы, из-за недостатка влаги, урожайность на них низкая. Источником орошения является р. Белый Июс.

Ландшафт степи сложен, равнинных участков здесь мало, они приурочены к долинам рек и некоторым межсочным приозерным депрессиям. Доминируют участки мелкосопочника с более или менее пересеченной поверхностью, часто со сложно расчлененными формами рельефа.

Климат отличается резкой континентальностью, количество среднегодовых осадков составляет 350-400 мм. Осадки распределяются неравномерно в течение года: зимой их очень мало (10-14% от годовой суммы), весна сухая, ветреная. Большая часть осадков приходится на лето, особенно на вторую его половину, чаще всего, выпадая непродолжительными ливнями. При длительной суровой зиме, при маломощном снежном покрове почвы промерзают глубоко и поздно оттаивают. В связи с этим микробиологическая деятельность в почве пробуждается поздно, что накладывает отпечаток на интенсивность и глубину почвообразования. Замерзание почвы до покрытия ее снегом или при малой ее толщине (ноябрь, декабрь) помимо глубокого промораживания, вызывает у почв тяжелого механического состава сильное и глубокое растрескивание, что в свою очередь, приводит к неравномерному распределению гумуса. При указанных выше условиях, корне-

вая система растений сосредотачивается ближе к поверхности почвы, где накапливается много гумуса, количество которого резко уменьшается к низу (Горшенин, 1955). По классификации температурного режима эти почвы относятся к длительно-промерзающему типу. На основании характеристики температурного режима почв в годовом цикле (по среднегодовой температуре почв на глубине 0,2 м) эти почвы относятся к холодному подтипу. Водно-физические свойства почв опытных участков представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Водно-физические свойства почв опытных участков

Глубина отбора образцов, см	Плотность т/м ³	Плотность сложения, т/м ³	КВ	МГ	ВЗ	ДАВ
			в % от объема почвы			
0-10	2,13-1,91	0,49-0,38	73-68	19-16	28-24	49-40
10-20	2,17-1,95	0,56-0,41	73-63	19-14	28-21	52-20
20-30	2,70-2,67	1,46-1,42	48-46	1,9-1,7	2,8-2,5	45-43
30-40	2,96-2,65	1,74-1,69	42-38	2,0-1,5	3,0-2,2	39-33
40-50	2,93-2,68	1,81-1,72	40-36	2,0-1,0	3,0-1,5	38-34

Маршрутные исследования, методики полевых, вегетационно-полевых, вегетационных и лабораторных экспериментов, химические анализы проб почв, растений и воды проводились по общепринятым методикам.

По влагообеспеченности вегетационные периоды в годы исследований в условиях Озерновской оросительной системы характеризовались как: 1987 г. – полузасушливый; 1988 г. – влажный; 1989 г. – очень засушливый. В условиях лесостепной зоны, где расположена Новоселовская оросительная система вегетационные периоды по влагообеспеченности характеризовались как: 1990 и 1992 гг. – влажные; 1991 и 1994 гг. – полузасушливые; 1993 г. – очень засушливый; 1995 и 1996 гг. – острозасушливые. В целом можно отметить, как в годы наших исследований, так и по среднемноголетним данным наблюдается тенденция, что большая часть осадков выпадает во второй половине вегетационного периода. На рис. 2 и 3 показаны кривые обеспеченности осадками.

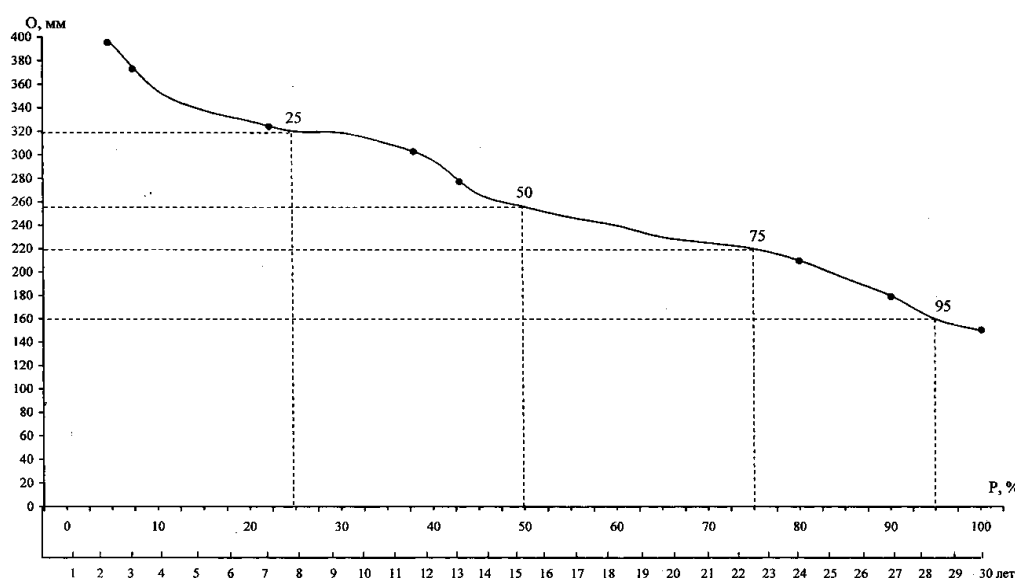


Рисунок 2 - Кривые обеспеченности осадками по метеостанции Светлолобово

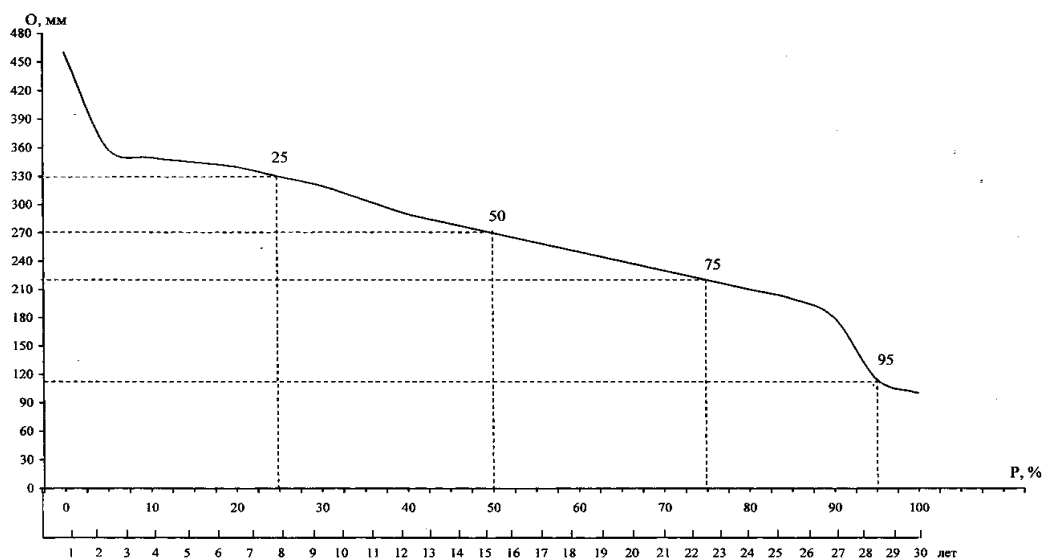


Рисунок 3 - Кривые обеспеченности осадками по метеостанции Ши́ра

В третьей главе изучена качество оросительной воды и его влияние на свойство почв и сельскохозяйственной продукции. Введены экологические ограничения к агроэкосистемам (рис. 4). Они разработаны для трех основных блоков: вода, почва (водопотребление и водный режим почв) и растения. Водопотребление и водный режим почв в свою очередь подразделяется на подсистемы.

Блок «Водопотребление и водный режим почв» состоит:

- подсистема - техника и технология полива в общем виде сводится к способам полива, распределению оросительной воды, организации полива и режимам орошения культур, в зависимости от почвенно-климатических условий. Экологические ограничения в этой подсистеме должны быть направлены на способы полива, не нарушающие структуру почвенного покрова и режимам орошения культур не вызывающим негативных последствий.
- подсистема - температурный режим почв направлена на оптимизацию температурного режима корнеобитаемого слоя почв. Здесь решаются две задачи: полив проведенный ранней весной способствует быстрому оттаиванию верхних слоев почвы, что оптимизирует микробиологические процессы и в то же время летний полив сглаживает чрезмерный перегрев этого слоя почвы.
- подсистема - солевой режим почв направлена на недопущение поднятия уровня грунтовых вод, снижения степени засоления и комплекса мероприятий, влияющих на динамику и химизм засоления.
- подсистема - пищевой режим предусматривает простое или расширенное воспроизводство плодородия почв для устойчивого функционирования почвы. Задача решается применением удобрений на рекомендуемом режиме орошения для получения оптимальной урожайности.

В период наибольшего развития орошаемого земледелия в Средней Сибири источниками водопользования служили многие реки: малые, средние, крупные, такие как Енисей, Абакан, Чулым. Анализ проектов и проведенные обследования оросительных систем показали, что основными типами водозаборных сооружений являются насосные станции. Открытые водозаборные гидротехнические сооружения

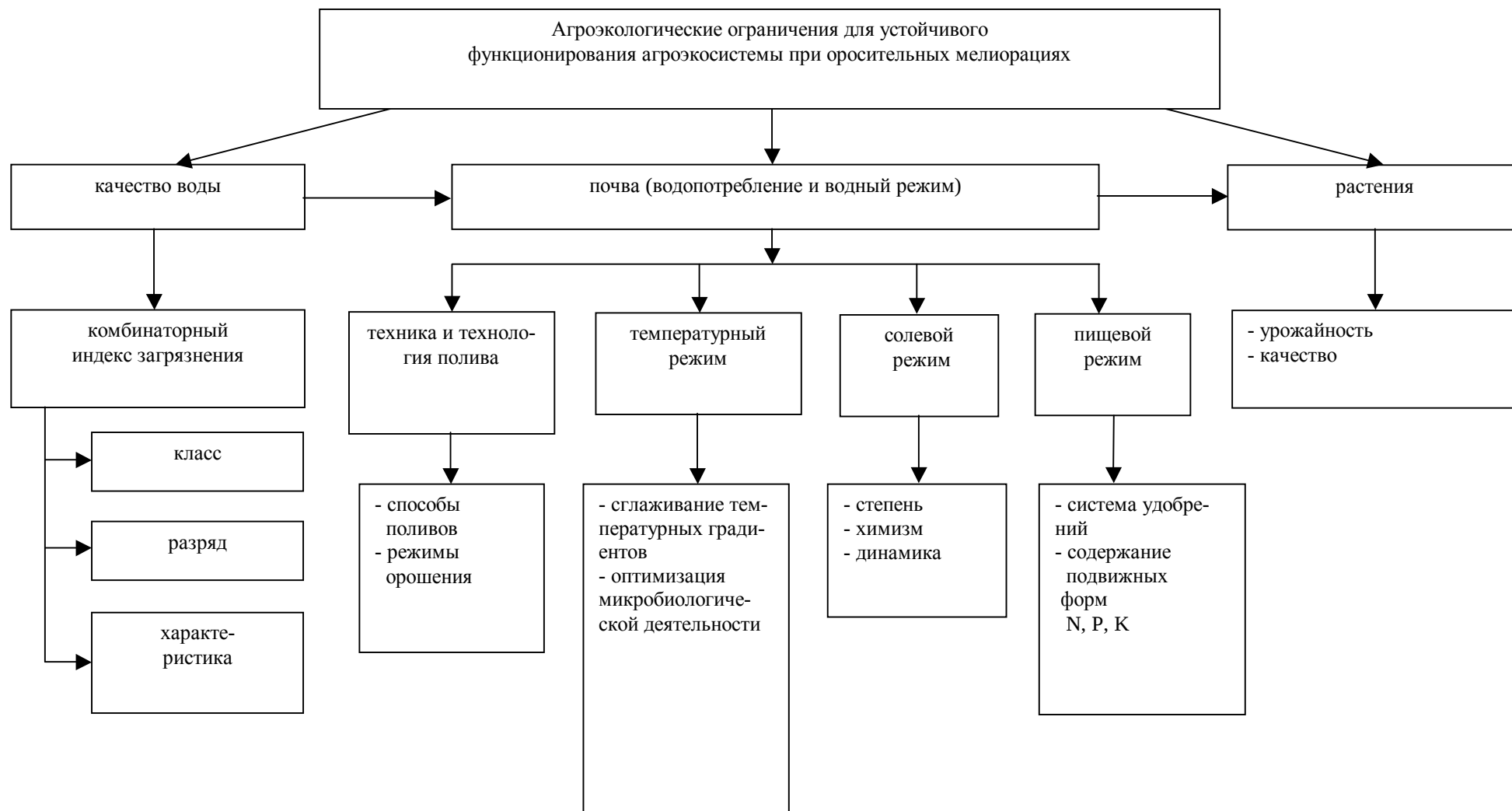


Рисунок 4 - Экологические ограничения при создании устойчиво функционирующих агроценозов.

имеют Койбальская, Абаканская оросительные системы, расположенные в Хакасии. Тип водозабора оказывает влияние на качественный состав оросительной воды, так как открытые гидроузлы забирают воду практически по всему профилю водотока, и вода в магистральных каналах, перемешиваясь, имеет осредненный качественный состав. Стационарные насосные станции заглубленного типа и станции с шахтными водоприемниками также формируют средний качественный состав воды, забираемой на орошение. Всасывающие патрубки насосных станций, расположенных на реке Енисей, в том числе на Красноярском водохранилище, находятся под уровнем воды, высота которого обеспечивает отсутствие воронки на поверхности воды. Последнее свойство насосных станций предохраняет от попадания нефтепродуктов в оросительные воды.

Количество загрязняющих веществ, попадающих на поля орошения с поливной водой, зависит от оросительных и поливных норм. Были установлены величины суммарного испарения различных сельскохозяйственных культур, рассчитаны коэффициенты водопотребления и оросительные нормы для лет различной обеспеченности осадками. Основные результаты фактических среднеегодовых значений суммарного водопотребления и оросительных норм представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Среднегодовые величины суммарного водопотребления (Е), коэффициента водопотребления (К) и оросительных норм (М) сельскохозяйственных культур на территории юга Средней Сибири

Наименование культур	Лесостепная зона				Степная зона			
	Урожайность, т/га	Е, м ³ /га	К	М, м ³ /га	Урожайность, т/га	Е, м ³ /га	К	М, м ³ /га
Многолетние травы	6,2	4000	64	1900	6,5	4300	66	2400
Кукуруза на силос	41	3000	73	1000	60	3500	59	1400
Ряпс яровой 1-й посев	42	1700	44	900	-	-	-	-
2-й посев	33	1300	42	400	-	-	-	-
Капуста ранняя	46	3600	80	2100	-	-	-	-
Капуста среднепоздняя	73	4500	60	2100	50	4700	95	2400
Огурец	20	3200	160	1500	20	3500	169	1750
Томат	24	2700	116	1400	25	2500	390	1500
Морковь	41	2900	57	900	-	-	-	-
Пшеница	-	-	-	-	3	3300	98	1700
Картофель	-	-	-	-	24	2700	13	1700
Овес, ячмень	-	-	-	-	3	3100	70	1700

Сравнительный анализ проектных поливных и оросительных норм показал, что они не всегда совпадают с биологически необходимыми или эрозионно-допустимыми нормами, поскольку последние учитывают, кроме климатических и почвенных, еще и биологические особенности возделываемых на орошаемых землях культур.

Реки изучаемой территории относятся к типу водотоков смешанного питания с весенним половодьем и летними паводками, которые характеризуются минимальными величинами минерализации воды в период весеннего половодья и летне-осенних паводков с превышением максимума над минимумом в 2-4 раза. Минерализация русловых вод в оросительный период на водосборе Красноярской

лесостепи изменяется от 136,3 до 512,4 мг/л, что позволяет относить их к водам средней и повышенной минерализации. Воды рек Оя, Туба, Сыда с бассейнами, лесистость которых превышает 70%, характеризуется малой и средней минерализацией – от 92,9 до 150,4 мг/л (табл.5).

Таблица 5 – Минерализация и химический состав поверхностных вод в створах водозабора оросительных систем

Река	pH	Сумма ионов	Содержание ионов, мг/дм ³					
			HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺
Период наибольшего подъема весеннего половодья (IV-V)								
Красноярское водохранилище	7,61	108,9	69,3	11,2	1,77	20,2	3,73	
Енисей	7,55	124,4	78,9	10,7	2,89	21,9	4,1	4,31
Есауловка	7,76	140,2	152,5	20,6	3,96	35,4	10,8	
Кача	7,58	148,9	88,7	16,6	4,99	23,3	5,6	8,38
Бузим	7,71	294,6	155,9	34,7	3,90	43,1	12,6	
Оя	7,46	68,1	55,4	4,9	1,70	10,4	2,9	2,38
Сыда	6,64	81,0	57,3	5,6	1,45	12,8	5,6	3,74
Туба	7,35	92,9	64,4	4,8	1,32	16,9	2,8	2,92
Оросительный период (VI-VIII)								
Красноярское водохранилище	7,59	110,9	72,1	9,80	1,88	20,27	3,4	
Енисей	7,81	136,3	89,2	10,05	3,04	23,90	5,12	4,48
Есауловка	8,10	512,4	425,3	252,40	17,20	3,69	56,64	17,55
Кача	7,96	344,4	196,5	45,89	14,02	47,56	15,11	25,84
Бузим	8,22	446,9	302,3	33,93	5,18	68,13	21,36	
Оя	7,54	129,4	55,5	1,61	1,22	16,52	1,60	2,06
Сыда	6,99	150,4	48,1	3,96	1,73	11,15	3,10	3,32
Туба	7,62	92,9	64,4	4,59	1,16	18,63	2,17	1,85
Средние годовые								
Красноярское водохранилище	7,59	109,2	70,7	10,01	1,81	20,06	3,44	
Енисей	7,62	135,9	86,7	11,30	3,06	23,94	4,83	4,57
Есауловка	7,94	326,3	226,92	19,34	3,86	52,48	15,47	
Кача	8,88	409,9	217,03	59,10	21,61	51,39	16,67	25,88
Бузим	7,91	417,2	262,60	39,59	5,25	63,30	18,14	
Оя	7,49	86,0	60,65	2,94	1,35	16,40	2,06	2,28
Сыда	6,81	85,3	57,55	5,00	1,63	13,40	3,62	3,60
Туба	7,56	102,0	70,84	4,69	1,33	19,63	2,74	2,41

Химический состав вод – гидрокарбонатно-кальциевый. В анионном составе в условиях Красноярской лесостепи в большинстве случаев преобладают ионы HCO₃⁻, содержание которых составляет от 196,5 до 425,3 мг/л, за исключением Красноярского водохранилища и реки Енисей, где этот показатель равен 72,1-89,2 мг/л. Исследования, проведенные на водозаборах и водосбросах, показывают, что по степени развития процессов засоления и осолонцевания почв забираемая на орошение вода относится к первому классу и не представляет опасности (табл. 6).

Дальнейший анализ качества воды для орошения проводился по экологическим критериям второй группы, отражающим свойства воды для орошения и содержание веществ, оказывающих при определенных условиях отрицательное воз-

действие на отдельные компоненты агроэкосистемы. Часть микроэлементов первой группы такие, как фтор, медь, цинк подверглись проверке на предельно-допустимые концентрации. Анализ источников по лимитирующим показателям качества показал, что комбинаторный индекс загрязнения имеет наибольшие значения в пригородной зоне г. Красноярска. Из семи водоисточников оросительных систем три относятся к «очень грязным» и 4 к «грязным» (Дурнев, 2001). В подавляющем большинстве случаев «устойчивая загрязненность» и «характерная загрязненность» определяются фенолами, нефтепродуктами и тяжелыми металлами. Во всех случаях это говорит о высокой антропогенности загрязнения. В пригородной зоне г. Красноярска частота превышения ПДК по нефтепродуктам находится в интервале 77-84 раза, а частота превышения по фенолам – 31-43 раза. Высокая загрязненность тяжелыми металлами также наблюдается в водоисточниках оросительных систем пригорода, где частота превышения изменяется от 53 – для цинка (водоисточник Есаульской оросительной системы р. Енисей) до 100 – для меди в р. Кача (Твороговская ОС), что является результатом антропогенного действия. Кратность превышения ПДК по нефтепродуктам в пригородной зоне г. Красноярска достаточно стабильна и находится в интервале 5-7 раз. Для сравнения – по территории Красноярского края эта величина сильно варьирует и изменяется от 5,4 – в р. Туба до 13,9 – в р. Сыда (Тубинская и Сыдинская оросительные системы). Таблица 6 – Классификация воды по степени опасности развития процессов засоления и осолонцевания почв

Место отбора пробы	Группа воды по степени опасности развития процессов		
	натриевого осолонцевания	магниевого осолонцевания	класс воды
	$\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^{+}$	$\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$	
р. Енисей, водозабор	6,10	3,26	1
Есаульская ОС, водосброс	6,14	3,65	
Ермолаевская ОС, водосброс	5,00	3,28	
р. Кан, Канская ОС: водозабор	11,40	5,43	1
водосброс	12,60	5,95	
р. Чулым, Белоярская ОС: водозабор	4,30	2,97	1
водосброс	4,44	3,26	

Частота превышения и кратность превышения не имеют между собой характерной зависимости. Из рассмотренных водоисточников максимум частоты превышения ПДК приходится на пригородную зону г. Красноярска: в р. Кача частота превышения ПДК по фенолу составила 100 раз, в водоисточниках Есаульской системы по меди – 97 раз. Кратность превышения содержания аммонийного азота над ПДК в р. Кача составила 6,9 раза, в р. Есауловка содержание железа превысило ПДК в 19,9 раза. Аналогичное положение наблюдается практически по всем оросительным системам юга Средней Сибири, исключение составляет Новоселовская оросительная система. Воды Красноярского водохранилища по содержанию ионов Na^{+} , K^{+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} относятся к первому классу и не оказывают влияния на плодородие почв, урожайность и качество продукции.

Вместе с тем, отмечается устойчивая загрязненность высокого уровня нефтепродуктами, характерная загрязненность среднего уровня металлами (медь,

цинк). В 1996-1997 гг. на водохранилище уровень нефтепродуктов возрос в 1,2-3,6 раза, наблюдается увеличение меди – от 8 до 19 ПДК (Мальцев, 1997). Содержание железа превышает ПДК в 1,8 раза, в оз. Толстый Мыс – соответственно в 8 раз, но не превышает фоновое содержание в водах Енисея. Содержание фенолов в воде также превышает ПДК в 3-5 раз. Нефтепродукты в воде, забираемой на орошение, не обнаружены. Биологический показатель качества воды ниже ПДК в 4 раза, что свидетельствует об отсутствии значимых сбросов вод в акваторию оз. Толстый Мыс. Отбираемая на орошение вода из залива Красноярского водохранилища может быть отнесена к «загрязненной» и использована для орошения без ограничений.

Нами проведен расчет и установлено количество вредных веществ, попадающих в почву с поливной водой, исходя из условий водопользования, сложившихся в период 1987-1999 годов (табл. 7). При внесении в почву с поливной водой компонентов в количествах, приведенных в табл. 7, потребуется длительный период времени, сопоставимый с жизненными циклами существования оросительных систем, чтобы достигнуть уровня опасных концентраций. Даже высокое содержание фенолов в водах Новоселовской ОС станет опасным через 60 лет, при условии, что вынос этого вещества за пределы системы не будет, что мало вероятно.

Таблица 7 – Количество вредных веществ привносимых в почву с поливной водой, г/га (средне многолетние данные)

Наименование объекта	Загрязняющие вещества						
	Фенолы	Нефте-продукты	Fe	Cu	Zn	Al	Mn
Твороговская ОС, р. Кача	5,0	600,0	1200,0	27,8	24,0	422,0	404,0
Есаульская ОС, р. Енисей	6,0	1800,0	480,0	14,2	66,0	222,0	42,0
Сухобузимская ОС, р. Бузим	3,0	600,0	840,0	13,1	72,0	390,0	322,0
Новоселовская ОС, Красноярское водохранилище	2400,0	820,0	240,0	11,8	55,6	212,0	364,0
Ермаковская ОС, р. Оя	9,2	740,0	650,0	9,8	56,0	-	52,0
Сыдинская ОС, р. Сыда	6,0	1800,0	1120,0	12,6	200,0	-	32,2
Тубинская ОС, р. Туба	6,0	519,0	1200,0	88,5	112,5	265,5	40,5

Сопряженный анализ проб почвы и растений показал, что овощи, выращиваемые на поливных землях, содержат элементы-загрязнители в пределах допустимых концентраций. Содержание цинка находится в пределах 1,3-3,9 мг/кг при ПДК – 10 мг/кг, медь содержится в кукурузе в количестве 0,5-10,2 мг/кг (ПДК – 30 мг/кг), в овощах и картофеле она содержится в пределах 0,1-2,5 мг/кг. Концентрация свинца выше санитарных норм обнаружена в столовых корнеплодах моркови и свекле на Твороговской и Емельяновской оросительных систем.

В четвертой главе исследовано влияние орошения на экологическое состояние земель юга Средней Сибири. Дана методика расчета индивидуальных биологически-оптимальных и текущих норм водопотребности для основных сельскохозяйственных культур юга Средней Сибири.

Разработаны режимы затопления многолетних травосмесей на год расчетной обеспеченности осадками на Озерновской оросительной системе. В очень засушливый и полузасушливые годы для оптимального роста и развития культуры

требовалось двухразовое затопление, а во влажный год было достаточно одного затопления, который проводился в начале фазы вегетации многолетних травосмесей. В неорошаемых условиях шло постепенное снижение влажности, достигая критических значений для культур.

Суммарное водопотребление многолетними травосмесями изучалось из верхнего полуметрового слоя почвы и возрастало по мере повышения влажности этого слоя. Основу водопотребления в неорошаемых условиях составили осадки и запасы почвенной влаги. В условиях полужасушливого года суммарное водопотребление составило: без затопления – 276 мм; с одноразовым затоплением – 527 мм, с двухразовым – 737 мм. В наших опытах за годы исследований выявлено, что в условиях естественного увлажнения, без внесения удобрений удельные расходы влаги ниже, чем в орошаемых условиях. Так, самые низкие значения коэффициента водопотребления получены в богарных условиях в полужасушливый год – 145-153 мм/т. Также установлено, что данный показатель зависит от доз минеральных удобрений: чем выше доза удобрений, тем экономнее расходуется влага (табл. 8).

Таблица 8 - Коэффициенты водопотребления многолетних травосмесей в зависимости от режимов затопления, доз удобрений и видов травосмесей, мм/т (в годы 75%, 50%, 25% обеспеченности осадками)

Вариант	Вид травосмесей	Полужасушливый год				Влажный год				Очень засушливый год			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Контроль	Донник+тимopheевка+кострец	145	125	110	89	375	265	204	173	185	145	113	81
	Клевер+тимopheевка+кострец	145	115	95	89	300	237	196	155	184	127	97	81
	Люцера+овсяница+кострец	153	115	102	89	250	187	150	128	135	85	72	63
Одноразовое затопление	Донник+тимopheевка+кострец	293	203	176	151	437	317	267	225	332	244	160	133
	Клевер+тимopheевка+кострец	251	195	176	142	410	269	233	184	290	193	145	116
	Люцера+овсяница+кострец	211	188	160	135	291	241	205	152	193	179	136	108
Двухразовое затопление	Донник+тимopheевка+кострец	283	245	217	180	404	313	246	215	388	275	213	160
	Клевер+тимopheевка+кострец	307	230	199	164	382	264	215	187	330	227	178	140
	Люцера+овсяница+кострец	273	230	189	164	204	237	202	149	254	206	174	132

Разработаны экологические безопасные режимы орошения многолетних трав при поливе дождеванием на год расчетной обеспеченности осадками на Новоселовской оросительной системе. Режимы орошения многолетних трав складывались от диапазонов влажности почвы и погодных условий. В условиях 1990 и 1992 годов, которые по влагообеспеченности вегетационного периода в целом характеризовались как влажные, режимы увлажнения для поддержания оптимальной влажности почвы резко отличались. Если в 1990 году было достаточно одного осеннего влагозарядкового полива нормой 80 мм или одного вегетационного полива нормой 30 мм, проведенного в конце первой декады мая для поддержания влажности почвы в пределах 70-100% НВ, то вегетационный период 1992 года на

варианте «осенняя влагозарядка+вегетационные поливы» оросительная норма составила 140 мм, а на варианте «вегетационные поливы» – 60 мм. Это объясняется неравномерностью выпадения осадков – в 1992 году в августе выпало 207 мм, тогда как за весь период вегетации многолетних трав выпало всего 299 мм. В полувлажные годы, в зависимости от распределения осадков норма водопотребности составила от 30 до 140 мм. 1993 год характеризовался как очень засушливый год, осадков за период вегетации выпало всего 182 мм. Для поддержания оптимального увлажнения почв на фоне с осенним влагозарядковым поливом требовалось два вегетационных полива нормами по 30 мм, а на варианте «вегетационные поливы» – три полива нормами по 30 мм. В остросухие годы оросительные нормы составили 120 и 200 мм. Во все годы исследований на неорошаемых вариантах, кроме влажных лет, влажность почвы была ниже оптимальных значений. Установлено, что исходные запасы влаги в корнеобитаемом слое почвы, где не были проведены осенние влагозарядковые поливы, ниже оптимальных значений. Осенние влагозарядковые поливы, проведенные в конце сентября, позволяют отодвинуть сроки начала вегетационных поливов на две-три декады.

Суммарное водопотребление многолетних трав зависело от режима орошения и погодных условий, складывающихся в вегетационные периоды. При этом водопотребление определялось изучаемыми режимами орошения, а его структура зависело от количества осадков, выпадающих в период вегетации культур. В расчетном слое почвы во влажные годы самое низкое водопотребление наблюдалось на фоне без орошения – от 218 до 318 мм, а самое высокое на варианте с осенним влагозарядковым поливом в сочетании с вегетационным и – 380-403 мм. В остросухие годы самые высокие значения водопотребления были определены на вариантах с осенней влагозарядкой – от 365 до 371 мм. Коэффициент водопотребления можно рассматривать как критерий эффективного использования воды. В наших исследованиях расход воды на единицу продукции резко отличался по годам. Во влажные годы расходы воды на неорошаемых вариантах были высокими от 80 до 99 мм/т. Наименьшие значения коэффициента водопотребления были определены в остросухие годы по всем вариантам опыта (табл. 9).

По данным фактического водопотребления при оптимальных условиях увлажнения и сумме дефицитов влажности воздуха рассчитаны биологические коэффициенты испарения многолетних трав по декадам вегетационного периода. Биологические коэффициенты суммарного испарения изменяются по периодам роста и развития культур. В первой половине вегетации идет постепенное увеличение абсолютных значений коэффициентов и достигает максимума в третьей декаде июня – 0,56. В первой декаде июля намечается уменьшение коэффициента – 0,34. Первая декада июля характеризуется высокой воздушной засухой. Со второй декады июля наблюдается тенденция увеличения коэффициентов и достигает максимума в третьей декаде августа – 1,18.

В это период, как правило, выпадает значительное количество осадков, при небольших значениях дефицита влажности воздуха – 12-21, иногда 25 миллибар и происходит интенсивное нарастание зеленой массы. Сравнение фактических расходов влаги с расчетными по дефициту влажности воздуха и биологическим коэффициентам суммарного испарения показывает устойчивую корреляцию между ними – от 0,9 до 1,0.

Таблица 9 - Суммарное водопотребление, урожайность и коэффициент водопотребления многолетних трав

Годы	Вариант	Приход влаги (мм) от:			Суммарное водопотребление, мм	Урожайность, т/га	Кэфф. водопотребления, мм/т
		осадков,	поливов	запасов почвы			
1990 влаж- ный	Контроль (без орошения)	$\frac{324^*}{96}$	-	$\frac{12}{4}$	336	4,2	80
	Осенний влагозарядковый полив+вегета-ционный полив	$\frac{324}{85}$	$\frac{80}{21}$	$\frac{+24}{+6}$	380	9,7	39
	70% НВ	$\frac{324}{94}$	$\frac{30}{9}$	$\frac{+10}{+3}$	344	9,6	36
1991 полу- за- суш.	Контроль (без орошения)	$\frac{248}{90}$	-	$\frac{27}{10}$	275	2,9	95
	Осенний влагозарядковый полив+вегета-ционный полив	$\frac{248}{71}$	$\frac{80}{23}$	$\frac{20}{6}$	348	9,8	35
	70% НВ	$\frac{248}{82}$	$\frac{30}{10}$	$\frac{25}{8}$	303	10,5	29
1992 влаж- ный	Контроль (без орошения)	$\frac{299}{94}$	-	$\frac{19}{6}$	318	3,2	99
	Осенний влагозарядковый полив+вегета-ционный полив	$\frac{299}{74}$	$\frac{140}{35}$	$\frac{+36}{+9}$	403	10,1	40
	70% НВ	$\frac{299}{87}$	$\frac{60}{18}$	$\frac{+17}{+5}$	342	9,7	35
1993 очень за- суш- ливый	Контроль (без орошения)	$\frac{182}{75}$	-	$\frac{62}{25}$	244	3,4	72
	Осенний влагозарядковый полив+вегета-ционный полив	$\frac{182}{49}$	$\frac{140}{38}$	$\frac{47}{13}$	369	10,2	36
	70% НВ	$\frac{182}{56}$	$\frac{90}{28}$	$\frac{52}{16}$	324	11	29
1994 полу- за- суш- ли- вый	Контроль (без орошения)	$\frac{251}{90}$	-	$\frac{29}{10}$	280	3,4	82
	Осенний влагозарядковый полив+вегета-ционный полив	$\frac{251}{66}$	$\frac{140}{37}$	$\frac{+11}{+3}$	380	9,1	42
	70% НВ	$\frac{251}{78}$	$\frac{60}{18}$	$\frac{12}{4}$	323	9,8	33
1995 ост- росу- хой	Контроль (без орошения)	$\frac{131}{66}$	-	$\frac{66}{34}$	197	2,9	68
	Осенний влагозарядковый полив+вегета-ционный полив	$\frac{131}{36}$	$\frac{200}{55}$	$\frac{34}{9}$	365	10,8	34
	70% НВ	$\frac{131}{45}$	$\frac{120}{41}$	$\frac{41}{14}$	295	11,2	26
1996 ост- росу- хой	Контроль (без орошения)	$\frac{134}{69}$	-	$\frac{61}{31}$	195	3,1	63
	Осенний влагозарядковый полив+вегета-ционный полив	$\frac{134}{36}$	$\frac{200}{54}$	$\frac{37}{10}$	371	11,2	33
	70% НВ	$\frac{134}{44}$	$\frac{120}{39}$	$\frac{51}{17}$	305	11,7	26

* - в числителе – мм.
- в знаменателе - %.

Орошаемые земли с неблагоприятными мелиоративными условиями сосредоточены на Новоселовской оросительной системе с характерными волнисто-пологонаклонными равнинами с абсолютными отметками 360-500 м и относительными превышениями от 2 до 30 м. Подстилающие породы – эллювиально-делювиальные суглинки, озерные глины и суглинки. Грунтовые воды на повышенных элементах рельефа расположены на глубине 50 м и более, не засолены. С понижением рельефа уровень грунтовых вод повышается до 1,5-2 м, по химизму – от незасоленных до слабоминерализованных. Основные типы почв – черноземы обыкновенные и выщелоченные, а по глубине появления солевого горизонта подразделяются от глубокозасоленных до солончаковых, по типу засоления – сульфатно-магниевые, сульфатные, хлоридно-сульфатно-натриевые, содовые, по степени засоления – от слабой до очень сильной.

По материалам почвенного обследования выявлено, что на накопление солей в почвах в одной и той же зоне большое влияние оказывает рельеф и дренированность территории. Сильнозасоленные почвы приурочены к различного рода депрессиям, где грунтовые воды находятся близко к поверхности. Благодаря особенностям рельефа, основная часть территории имеет хороший естественный дренаж и глубокое залегание грунтовых вод. Рельеф и климатические условия определяют, за небольшим исключением, формирование автоморфных почв и характер водно-солевого режима.

Исследовано влияние геоморфологических и гидрологических условий на степень и химизм засоления на трех опытных площадках. Опытная площадка 1 – чернозем обыкновенный глубокозасоленный, тип засоления – сульфатный, степень засоления – слабая и средняя. Рельеф участка ровный с незначительным южным уклоном. Согласно материалам исследований, при проектировании оросительной системы грунтовые воды отсутствуют. Опытная площадка 2 – чернозем обыкновенный солончаковатый, тип засоления – сульфатный, слабой и средней степени, рельеф участка со слабым южным уклоном. Глубина залегания грунтовых вод колеблется в пределах 5 м. Опытная площадка 3 – участок расположен в понижении рельефа, недалеко от бессточного озера. Почва – чернозем обыкновенный солончаковый. Солевой горизонт залегает на большей части участка с поверхности почвы, тип засоления – хлоридно-сульфатный со следами соды. Уровень грунтовых вод находится на глубине 2 м (рис. 5).

Наблюдения за сезонной динамикой солевого состава лугово-черноземных солончаковых почв показало, что в раннелетний период аккумуляция солей начинается с глубины 30 см и достигает 20-24 мг/экв на 100 г почвы. Максимум сульфат-ионов наблюдается в 50-60 см слое почвы, а максимум натрий-ионов был аккумулятирован в 80-100 см слое почвы. К осени происходит перераспределение солей, и верхние слои почвенного профиля промываются осадками и поливами. Коэффициент сезонной аккумуляции солей в 0-50 см слое почвы для сульфат-ионов и хлорид-ионов составил 0,8, а для бикарбонат-ионов - 1,4, что свидетельствует о засолении по содовому типу (Ковда, 1966). Водно-солевой режим этого типа почв формируется засоленными грунтовыми водами, подпитываемые водой озера Толстый Мыс (пл.1), которое находится на расстоянии 300-400 м. На черноземе обыкновенном глубокозасоленном, расположенном на расстоянии 1,2-1,4 км от

озера со слабой и средней степенью засоления содержание бикарбонат-ионов в течение вегетации не изменяется и находится на уровне 0,8 мг/экв на 100 г почвы в 0-70 см слое почвы. Отмечается увеличение концентрации этих ионов до 1,0 мг/экв на 100 г почвы на глубине 90-100 см. По всему профилю в течение всей вегетации растений содержание бикарбонат-ионов не превышает порога токсичности (пл.2). В средней части южного склона, на расстоянии 2,5 км от озера, расположены черноземы обыкновенные солончаковатые сульфатного типа засоления – от средней до сильной степени (рис. 6). Начиная с глубины 80-90 см, отмечается резкое увеличение содержания сульфат-ионов – от 2 до 8 мг/экв на 100 г почвы (пл.3).

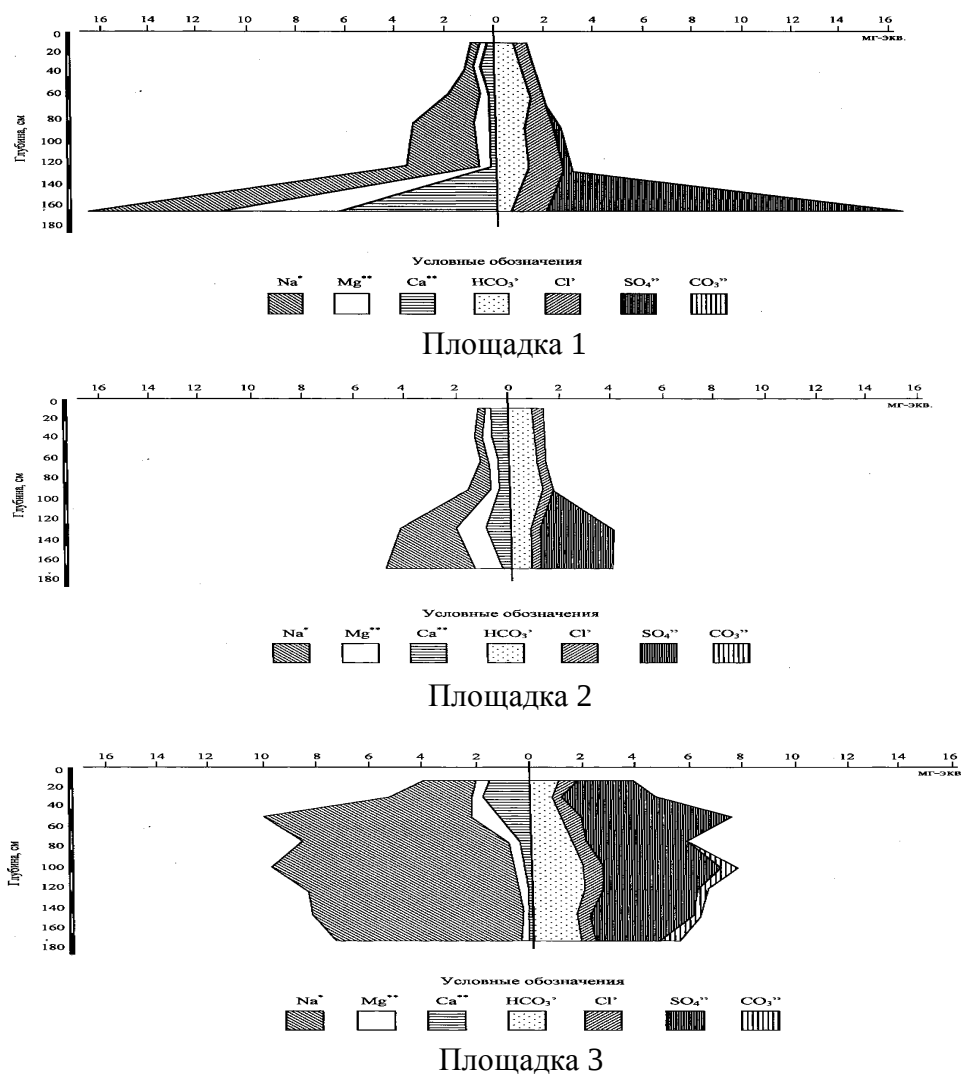
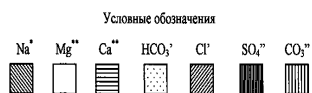
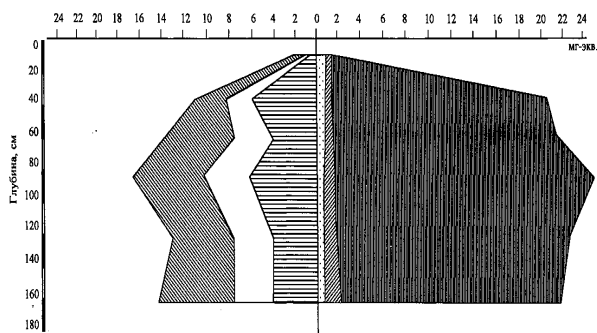
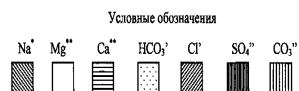
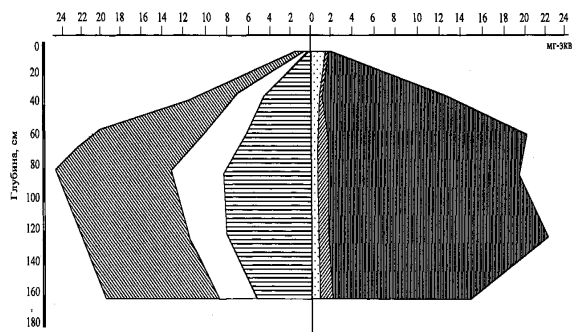


Рисунок 5 - Диаграмма распределения солей в профиле чернозема обыкновенного (27.05)

Исследовано влияние степени и глубины засоления на урожайность кукурузы как культуры менее устойчивой к засолению. Выявлено, что на почвах с очень сильным содово-сульфатным засолением ко времени появления полных всходов кукурузы на 1 м² насчитывалось 16 растений против 133 растений на незасоленных почвах. С повышением среднесуточной температуры воздуха, из-за интенсивного испарения влаги из почвы и дефицита воздушной влажности, все растения на засоленных почвах погибли, а к осени поверхность поля была покрыта разрозненными куртинами галофитов из сем. *Amaranthaceae* и *Chenopodiaceae*.

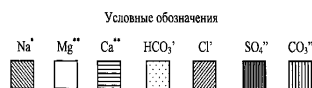
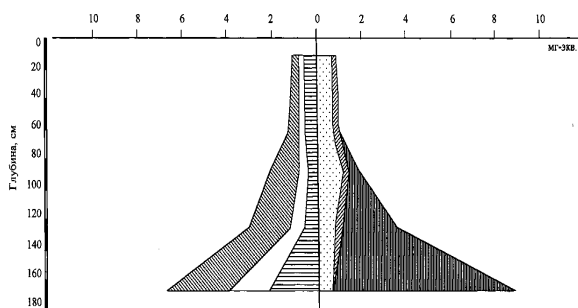


07.06

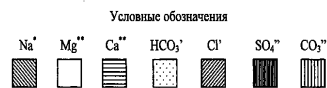
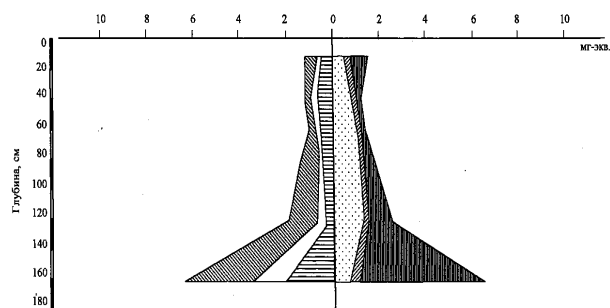


24.09

Площадка 1 – лугово-черноземная солончаковая почва.

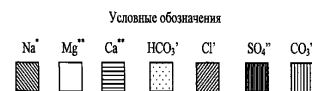
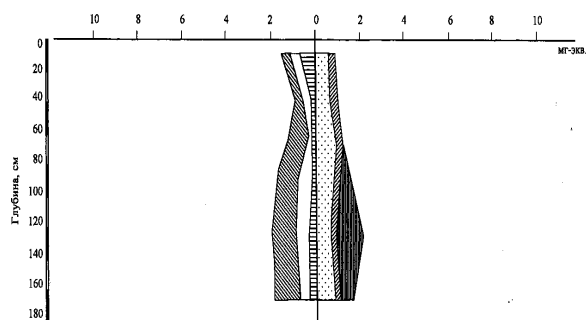


07.06

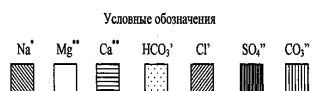
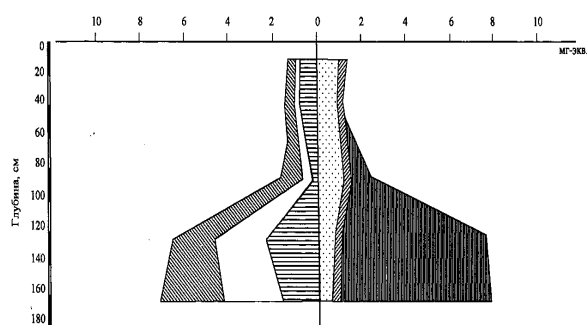


24.09

Площадка 2 – чернозем обыкновенный глубокозасоленный.



07.06



24.09

Площадка 3 – чернозем обыкновенный солончаковатый.

Рисунок 6 - Диаграмма распределения солей в почвенном профиле

На почвах с сильнозасоленным содово-хлоридным типом растения не дали всходов, а на сульфатно-содовом типе засоления растения в течение всего вегета-

ционного периода были угнетены. Урожайность зеленой массы составила 28% в сравнении с незасоленной почвой, тогда как масса сорных растений (галофиты из сем. *Amaranthaceae* и *Chenopodiaceae* и *Lupinaceae*) по надземной массе в 2-2,5 раза превышали массу сорных растений на участках, расположенных на мульде. Слабое – хлоридно-содовое, с глубины 25-30 см, а затем среднее – содовое засоление, с глубины более 40 см, не оказало существенного влияния на рост надземной массы и урожайность зеленой массы кукурузы по сравнению с незасоленной почвой. Вместе с тем, там, где почва с поверхности слабозасолена, а с глубины 10 см – средnezасолена, потери урожая зеленой массы составляют почти 25%.

В пятой главе изучены агроэкологические условия произрастания многолетних травосмесей при поливе затоплением. В условиях юга Средней Сибири проблема трансформации сельскохозяйственных угодий приобретает особую актуальность в связи с интенсивным зарастанием пахотных и луговых угодий естественной растительностью. Наиболее эффективной формой повышения продуктивности этих угодий является ускоренное залужение их сеянными многолетними травами.

Определенный интерес представляют видовые и сортовые смеси бобовых и злаковых трав, которые способны полнее использовать ресурсы в критические периоды онтогенеза и поэтому лучше переносят стрессовые ситуации (Обручева, 1992; Тюльдюков, 1993). Нами были выбраны трехкомпонентные бобово-злаковые травосмеси, состоящие из одного бобового растения и двух злаковых, которые не конкурировали в использовании света, влаги и элементов питания. Бобовые травы в смешанных со злаками посевах обеспечивали стабильные урожаи, улучшали качество корма, лучше подсыхали и надежнее хранились, чем при выращивании в чистых посевах.

Исследовано влияние различных режимов затопления и доз минеральных удобрений на урожайность многолетних травосмесей. Основными управляемыми факторами воздействия на продуктивность культур является водный режим и минеральное питание – действия этих факторов тесно взаимосвязаны. Выявлено, что условия выращивания существенно влияли на урожайность культур. В богарных условиях плодородие данного типа почв обеспечивало, в среднем за три года, получение сена трав – от 1,4 до 1,7 т/га. Без применения удобрений и орошения постепенно шло уменьшение урожайности трав. Наибольшая урожайность сена трав получена на варианте с дозой удобрения на травосмеси люцерна+овсяница+кострец – 3,3 т/га.

Поливы затоплением, без внесения минеральных удобрений увеличивали продуктивность сена многолетних трав незначительно, в среднем от 0,7 до 1,0 т/га.

Наибольшая урожайность сена многолетних травосмесей получена при совместном действии поливов и доз минеральных удобрений. Анализ данных по урожайности показывает, что наибольшая прибавка получена в условиях 1987 года на травосмеси люцерна+овсяница+кострец при двухразовом затоплении с дозой минеральных удобрений $N_{30} P_{50} K_5$ – 4,5 т/га (табл. 10).

Рассмотрено изменение питательности и химического состава сена под влиянием затоплений и доз минеральных удобрений. Условия выращивания определенным образом сказались на качестве корма. В зависимости от режима затопления,

Таблица 10 – Продуктивность травосмесей в зависимости от режимов затопления и доз минеральных удобрений (1987-1989 гг.)

Вариант	Виды травосмесей	Удобрения	Урожайность сена, т/га			
			1987	1988	1989	среднее
Контроль	Донник+тимо-феевка+кострец	Контроль	1,9	1,2	1,1	1,4
		N ₃₀ P ₂₀	2,2	1,7	1,4	1,8
		N ₃₀ P ₃₅	2,5	2,2	1,8	2,2
		N ₃₀ P ₅₀ K ₅	3,1	2,6	2,5	2,7
	Клевер+тимо-феевка+кострец	Контроль	1,9	1,5	1,1	1,5
		N ₃₀ P ₂₀	2,4	1,9	1,6	2,0
		N ₃₀ P ₃₅	2,9	2,3	2,1	2,4
		N ₃₀ P ₅₀ K ₅	3,1	2,9	2,4	2,8
	Люцерна+овсяница+кострец	Контроль	1,8	1,8	1,5	1,7
		N ₃₀ P ₂₀	2,4	2,4	2,4	2,4
		N ₃₀ P ₃₅	2,7	3,0	2,8	2,8
		N ₃₀ P ₅₀ K ₅	3,1	3,5	3,2	3,3
Одноразовое затопление	Донник+тимо-феевка+кострец	Контроль	1,8	1,6	1,4	1,6
		N ₃₀ P ₂₀	2,6	2,2	1,9	2,2
		N ₃₀ P ₃₅	3,0	2,6	2,9	2,8
		N ₃₀ P ₅₀ K ₅	3,5	3,1	3,5	3,4
	Клевер+тимо-феевка+кострец	Контроль	2,1	1,7	1,6	1,8
		N ₃₀ P ₂₀	2,7	2,6	2,4	2,6
		N ₃₀ P ₃₅	3,0	3,0	3,2	3,1
		N ₃₀ P ₅₀ K ₅	3,7	3,8	4,0	3,8
	Люцерна+овсяница+кострец	Контроль	2,5	2,4	2,4	2,4
		N ₃₀ P ₂₀	2,8	2,9	2,6	2,8
		N ₃₀ P ₃₅	3,3	3,4	3,4	3,4
		N ₃₀ P ₅₀ K ₅	3,9	4,6	4,3	4,3
Подпитывание	Донник+тимо-феевка+кострец	Контроль	2,6	1,7	1,7	2,0
		N ₃₀ P ₂₀	3,0	2,2	2,4	2,5
		N ₃₀ P ₃₅	3,4	2,8	3,1	3,1
		N ₃₀ P ₅₀ K ₅	4,1	3,2	4,1	3,8
	Клевер+тимо-феевка+кострец	Контроль	2,4	1,8	2,0	2,1
		N ₃₀ P ₂₀	3,2	2,6	2,9	2,9
		N ₃₀ P ₃₅	3,7	3,2	3,7	3,5
		N ₃₀ P ₅₀ K ₅	4,5	3,7	4,7	4,3
	Люцерна+овсяница+кострец	Контроль	2,7	2,6	2,6	2,7
		N ₃₀ P ₂₀	3,2	2,9	3,2	3,1
		N ₃₀ P ₃₅	3,9	3,4	3,8	3,7
		N ₃₀ P ₅₀ K ₅	4,5	4,6	5,0	4,7
	НСР ₀₅		0,4			

доз минерального питания, укосов изменялось содержание переваримого и сырого протеина, каротина, клетчатки и химического состава продукции. По градации Б.П. Крищенко (1983) оценки качества кормов по содержанию сырого белка (сырого протеина) по двадцатибалльной шкале качество кормов с неорошаемого варианта, в среднем за три года, можно отнести к девяти баллам, с одноразовым затоплением – двенадцать баллов, с двухразовым затоплением – двадцать. Поливы с затоплением увеличивали выход переваримого протеина соответственно на 22,2 и 46,3 % по сравнению с богарными условиями. Аналогичным образом увеличи-

валось содержание белка и каротина. На затопляемых участках уменьшалось содержание клетчатки. По содержанию кормовых единиц варианты не отличались, они варьировали в пределах 0.49-0.50, по фосфору варианты с режимами затопления одинаковы, а содержание калия и азота в корме увеличивалось. Следует отметить, что минеральные удобрения способствовали накоплению переваримого протеина независимо от режимов затопления, выход кормовых единиц не менялся в зависимости от дозы удобрений. Содержание каротина при внесении минеральных удобрений составило 139,6-160,6 мг/кг сухого вещества, а без удобрений – 111,5-146,0 мг/кг.

Установлена устойчивость многолетних травосмесей к затоплению. Поливы затоплением не влияли на прохождение фенофаз растений, но сказывались на биометрии растений. К первому укосу в условиях 1987 года растения были выше в 1,5 раза, чем без орошения, а ко второму укосу – более чем в два раза. Во влажный 1988 год большой разницы в линейном росте растений по вариантам не наблюдалось. На третий год выращивания растения в фазе ветвления имели больший линейный рост, чем в предыдущие два года. После полива затоплением в фазе стеблевания отмечалась существенная разница между орошаемыми и неорошаемыми вариантами. Следует отметить, что в условиях очень засушливого 1989 года наблюдался более высокий рост растений во время вегетации трав до первого укоса, а во втором укосе, на вариантах без орошения и с одноразовым орошением, линейный рост растений был низким. И лишь на варианте с двухразовым затоплением линейный рост заметно отличался в сторону увеличения.

В опытах по подбору культур выявлено, что устойчивым к поливу затоплением и максимальный выход продукции, обеспечила травосмесь, состоящая из люцерны+овсяницы+костреца. По ботаническому составу бобовые травы составляли 31-35% по отношению к злаковым, и самый густой травостой отмечался при двухразовом затоплении (табл.11).

В шестой главе изучено влияние полива затоплением на температурный и пищевой режимы почв. Температуры корнеобитаемого слоя почв в начале вегетации культур были низкими для роста и развития растений. Как показали исследования, перед началом затопления температуры почв на глубине 0,2 м были невысокими. Так, в условиях 1987 г. температура почвы составила 5,8-6,4°C; 1988 г. – 4,0-5,4°C; 1989 г. – 5,6-6,1°C. Сильно влияла температура воздуха на изменение температур поверхностных слоев почвы, с глубиной эта зависимость несколько затухала. На неорошаемых вариантах температуры почвы были неблагоприятными. Так, активная температура проникала на глубину 0,2 м лишь к началу второй декады июля, и в то же время к концу июля и к началу августа в верхнем 0,05 м слое почвы наблюдался чрезмерный перегрев. Отмечено, что температуры выше 25°C приводят к прекращению роста и выгоранию трав из-за чрезмерного перегрева поверхности почвы. Полив затоплением оказал регулирующее воздействие на температурный режим активного слоя почвы, и на вариантах с орошением активная температура почвы устанавливалась на одну-полторы декады раньше. В то же время, во время вегетации трав до второго укоса поливы сглаживали чрезмерный перегрев поверхностных слоев почвы, и температура выше 25°C на этих вариантах не наблюдалась (рис 7).

Таблица 11 – Динамика густоты и структура ботанического состава травосмесей

Виды травосмесей	Первый год			Второй год			Третий год		
	густота, шт/м ²	ботанический состав, %		густота, шт/м ²	ботанический состав, %		густота, шт/м ²	ботанический состав, %	
		бобовые	злаковые		бобовые	злаковые		бобовые	злаковые
Донник+тимopheевка+кострец	493	31	69	501	30	70	413	9	91
Клевер+тимopheевка+кострец	511	35	65	545	33	67	552	31	69
Люцерна+овсяница+кострец	562	32	68	612	34	66	623	34	66
Донник+тимopheевка+кострец	514	29	71	541	21	79	487	7	93
Клевер+тимopheевка+кострец	557	32	68	593	27	73	603	20	80
Люцерна+овсяница+кострец	579	33	67	621	36	64	642	38	62
Донник+тимopheевка+кострец	547	30	70	597	27	63	524	3	97
Клевер+тимopheевка+кострец	617	34	66	649	30	70	653	21	79
Люцерна+овсяница+кострец	645	31	69	694	32	61	723	37	63

Установлена корреляционная зависимость между температурами почвы и влажностью почвы методом регрессии, с помощью которого можно проследить изменения температуры почвы при изменении влажности почвы. Полученные результаты показали, что между температурой почвы и влажностью отмечены экспоненциальная и гиперболическая зависимости, причем на неорошаемых условиях – экспоненциальная, а при орошении – гиперболическая зависимость. Коэффициенты корреляции, отражающие связь между температурой и влажностью почв составили в неорошаемых условиях по годам соответственно: 0,67; 0,69; 0,70. Коэффициенты корреляции, отражающие связь между температурой и влажностью почвы при поливе затоплением, составили соответственно по годам: 0,31; 0,77 и 0,72.

Анализируя динамику элементов питания, установили, что исходные запасы нитратного азота в 0-40 см слое почвы были выше в 8,0-8,5 раз, чем аммиачного. Высокое содержание аммиачного азота по сравнению с нитратным объясняется тем, что на длительно-сезоннопромерзающих почвах преимущественно развит процесс аммонификации и заторможена трансформация аммиака в нитраты (Мукина, 1983). После первого укоса, в неорошаемых условиях, произошло снижение содержания как нитратного, так и аммиачного азота, что связано с выносом азота с урожаем, причем большая часть нитратного азота выносилась с верхнего 0-20 см слоя почвы – 38% исходного запаса, а во втором укосе наблюдалось некоторое увеличение содержания нитратного азота. В орошаемых условиях происходило увеличение содержания нитратного азота по сравнению с исходными запасами в результате повышения температуры и влажности почвы. Выявлено, что процессы нитрификации наиболее интенсивно протекают при влажности почвы 64-98% НВ,

что и поддерживалась на этом варианте. Установлено, что внесение минеральных удобрений при различных режимах затопления повышает содержание как нитратного, как и аммиачного азота.

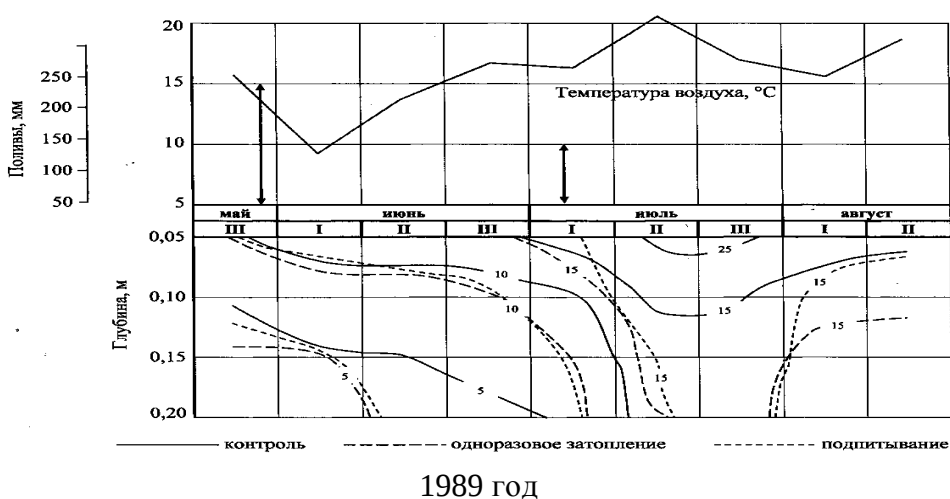
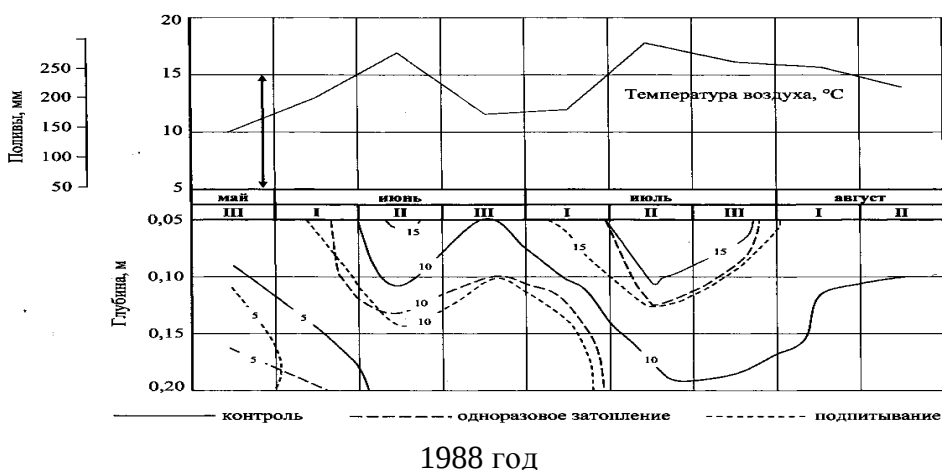
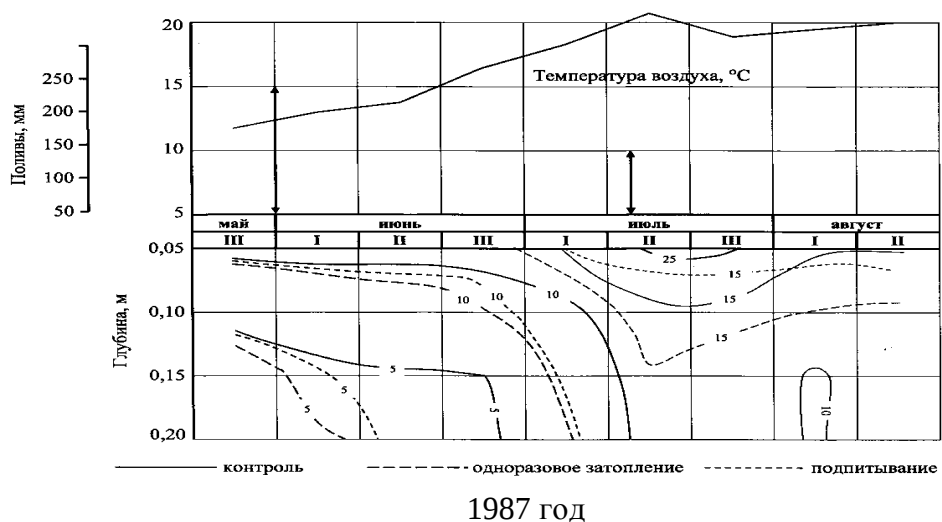


Рисунок 7 - Термоизоплеты почв

Исследования показали, что в опытах без внесения удобрений и полива шло постепенное снижение фосфатов. При систематическом внесении минеральных удобрений количество подвижного фосфора увеличилось в среднем за три года на

40 мг/кг почвы. На вариантах с затоплениями, без внесения минеральных удобрений, после первого укоса отмечалась тенденция к увеличению фосфора, так как поливы оптимизировали процессы, влияющие на подвижность фосфатов. Было установлено, что действие удобрений сильнее проявлялось при оптимальных режимах затопления, и поливы способствовали перераспределению фосфатов по слоям почвы (рис. 8).

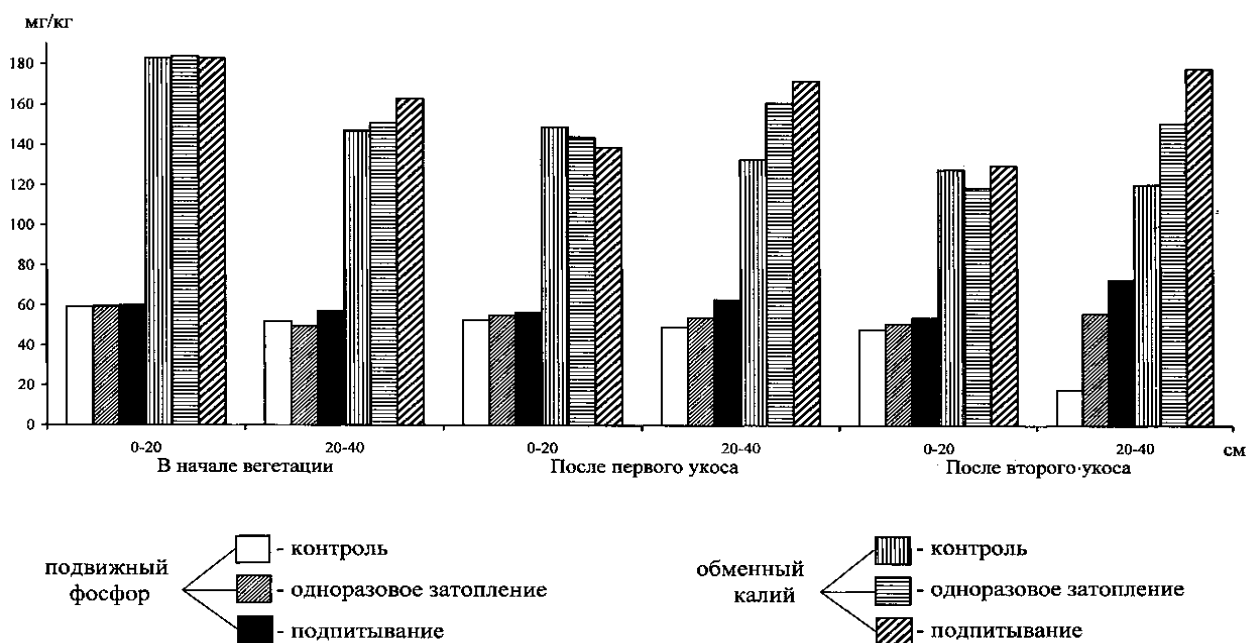


Рисунок 8 - Динамика содержания подвижного фосфора и обменного калия по укосам (в среднем за три года) при применении минеральных удобрений

Обеспеченность почв обменным калием была средней. Наиболее интенсивный вынос калия отмечался из верхнего 0-20 см слоя почвы и травами первого укоса. После первого укоса, содержание обменного калия в верхнем слое почвы уменьшилось на 37 мг/кг, после второго укоса – на 12 мг/кг, а в нижележащем слое почвы – на 15 и 9 мг/кг соответственно по укосам. В опытах с поливами, без применения удобрений наблюдалось вымывание калия из верхних слоев в нижние. В результате выноса растениями и миграции вглубь почвы, обменного калия в 0-20 см слое уменьшилось на 23-26% по сравнению с исходными запасами. Совместное действие орошения и удобрений увеличило содержание обменного калия с 249-250 мг/кг до 348-352 мг/кг в 0-40 см слое почвы.

ВЫВОДЫ

1. На основе теоретических исследований определено, что степень проявления экологических последствий орошения определяется исходным состоянием почв, качеством оросительной воды, режимом орошения, уровнем агротехнологий. Поэтому весь комплекс мероприятий по предотвращению негативных последствий орошения нужно строить с учетом этих факторов.

2. Воды, используемые на орошение, на юге Средней Сибири являются экологически безопасными по степени их влияния на процесс засоления и осолонце-

вания, относятся к первому классу качества. По лимитирующим показателям качества воды (фенолам, нефтепродуктам, тяжелым металлам) все водные источники относятся к «грязным» или «очень грязным». Конструкции водозаборных сооружений влияют на качество отбираемой воды, заглубленные всасывающие патрубки сокращают поступление на поля орошения нефтепродуктов; каналы способствуют самоочистке воды.

3. Разработаны экологически безопасные режимы орошения многолетних трав в условиях степной и лесостепной зоны юга Средней Сибири с учетом влагообеспеченности года. В условиях степной зоны, на пойменных почвах, одноразовый весенний полив затоплением нормой 250 мм, обеспечивает оптимальную влажность почвы в течение вегетации многолетних травосмесей до первого укоса. Для вегетации трав до второго укоса необходимо подпитывание нормой 150 мм. На орошаемых землях лесостепной зоны, при поливе дождеванием, для поддержания оптимального увлажнения почвы на фоне осенней влагозарядке требуются от двух до четырех поливов нормами по 30 мм.

Коэффициенты водопотреблений во все годы исследований были самыми низкими на вариантах с вегетационными поливами - 26 - 36 мм/т. Биоклиматические коэффициенты хорошо согласуются с фактическими, как по декадам, так и за весь период вегетации. Отношение расчетного суммарного водопотребления к фактическому в среднем за семь лет составило 1,0.

4. Вторичное засоление орошаемых земель обусловлено геоморфологическими особенностями территории, носит спорадический характер и чаще всего приурочено к понижениям рельефа, когда капиллярная кайма грунтовых вод близко расположена к поверхности почвы. Существенной причиной отсутствия площадного засоления является то, что традиционные территории орошения на юге Средней Сибири находятся в местах распространения хорошо дренированных долин рек Енисея, Абакана, Чулыма.

5. Выявлено, что наиболее эффективной формой повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий в условиях юга Средней Сибири является ускоренное залужение их сеянными многолетними бобово-злаковыми травами. Наибольшую урожайность обеспечивало смесь, состоящая из люцерны+овсяницы+костреца. В зависимости от режима затопления, минерального питания, укосов изменялось содержание переваримого и сырого протеина, каротина, клетчатки, химического состава сена многолетних трав. Наибольшее содержание переваримого (125,2 г/кг), сырого (20,7 %) протеина, каротина (160,6 мг/кг) получено на травосмеси люцерна+овсяница+кострец при двухразовом затоплении.

6. Полив затоплением оказывает существенное регулирующее воздействие на температурный режим верхнего корнеобитаемого слоя почв. В начале вегетации трав на вариантах с затоплениями наблюдается повышение температуры почв, в среднем на 0,9 - 2,7°C по сравнению с незатапливаемыми участками. В то же время орошение предотвращает чрезмерный перегрев верхнего 5 см слоя почв, который наблюдается в конце июня и в начале августа.

7. Доступность элементов питания на (минерального азота, подвижного фосфора, обменного калия) на длительно-сезонно-промерзающих пойменных почвах в начале вегетации культур низка. Под влиянием полива затоплением, в

результате повышения влажности и температуры почвы интенсивнее протекают процессы нитрификации, происходит переход аммиачных форм азота в нитратные; оптимизируются условия для превращения недоступных форм фосфатов в подвижные. Под влиянием поливов происходит вымывание обменного калия из верхних слоев почвы в нижележащие. Внесение минеральных удобрений позволяет поддерживать положительный баланс элементов питания.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Предлагается экологически безопасные режимы орошения многолетних трав на юге Средней Сибири.

В степной зоне, в засушливые годы, при поливе затоплением, проводить два полива. Первый полив нормой 250 мм осуществить в начале вегетации многолетних трав, второй – нормой 150 мм в начале фазы отрастания трав второго укоса.

В лесостепной зоне, в засушливые годы, при поливе дождеванием, на фоне осенней влагозарядки проводить от двух до четырех поливов нормами по 30 мм.

На засоленных почвах, в зависимости от степени и химизма засоления, орошение проводить в комплексе с глубоким мелиоративным рыхлением и внесением химмелиорантов. Использовать для посева солевыносливые культуры (донник белый и желтый, пырей бескорневищный, люцерна желтая), которые обеспечивают коренное улучшение и окультуривание земель.

На пойменных орошаемых землях проводить ускоренное залужение посевами многолетних трав, состоящую из люцерны+овсяницы+коостреца, вносить минеральные удобрения с учетом агрохимических свойств почвы, а также ее эффективного и потенциального плодородия.

Основные материалы диссертации опубликованы в следующих работах

1. Савостьянов, В.К. Определение ЭДПН для орошаемых земель Средней Сибири на основе оценки их впитывающей способности / Савостьянов В.К., Карпенко В.Д., Ензак Х.В., Бадмаева С.Э // Сб. Предотвращение ирригационной эрозии почв Средней Сибири. – Красноярск, 1982. – С. 11-29.

2. Соловьева, Л.Э. Усовершенствовать конструкции инженерных систем лиманного орошения и способы их эксплуатации /Соловьева Л.Э., Бадмаева С.Э.// Закл. отчет за 1985 г., том 2, № гос. регистрации 87569027. – Красноярск, 1985. – 42 с.

3. Бадмаева, С.Э. Влияние полива затоплением на урожайность многолетних травосмесей / Бадмаева С.Э.// Инф. лист. № 559-88. – Красноярск, 1988. – 3 с.

4. Бадмаева, С.Э. Влияние минеральных удобрений на питательность многолетних травосмесей с режимами затопления / Бадмаева, С.Э.// Инф лист. № 560-88. – Красноярск, 1988. – 3 с.

5. Соловьева, Л.Э. Влияние сроков затопления на урожайность многолетних трав и качество корма при лиманном орошении /Соловьева Л.Э., Вязников Н.А., Бадмаева С.Э.// Орошение и осушение земель Сибири. – Красноярск, 1988. – С. 39-44.

6. Бадмаева, С.Э. Продуктивность многолетних травосмесей на пойменных почвах при лиманном орошении /Бадмаева С.Э., Соловьева Л.Э.// Интенсификация кормопроизводства на мелиорируемых землях Сибири. – Красноярск, 1988. –

С. 56-64.

7. Бадмаева, С.Э. Использование подпитывающих систем лиманного орошения в условиях юга Красноярского края. /Бадмаева С.Э.//Автореферат дисс. канд. с.-х. наук. – Новочеркасск, 1990. – 18 с.

8. Бадмаева, С.Э. Схема водоподачи при лиманном орошении. /Бадмаева С.Э., Тимченко Н.С.// Экологические аспекты мелиорации Северного Кавказа. Новочеркасск. – 1990 - С. 36-37.

9. Бадмаева, С.Э. Влияние лиманного орошения на температурный режим длительносезоннопромерзающих почв юга Красноярского края. /Бадмаева С.Э., Тимченко Н.С.// Всесоюз. семинар «Рациональное природопользование в криолитозоне», - Якутск, 1990. – С. 24-26.

10. Бадмаева, С.Э. Технология возделывания многолетних травосмесей на сено в Хакаской А.О. при лиманном орошении /Бадмаева С.Э., Соловьева Л.Э., Вахтель Н.С.// Временные рекомендации., - Абакан, 1991.- 7 с.

11. Бадмаева, С.Э. Эффективность лиманного орошения при ускоренном залужении пойменных почв юга Красноярского края. /Бадмаева С.Э.// Проблемы водохозяйственного строительства и экологических проблем. Тбилиси. – 1991 - С. 18-19.

12. Бадмаева, С.Э. Режимы увлажнения многолетних травосмесей при лиманном орошении пойменных почв на примере Озерновской системы. /Бадмаева С.Э., Тимченко Н.С.// Гидромелиорация и освоение пойменных земель Сибири. - Красноярск, 1991.- С. 122-125.

13. Бадмаева, С.Э. Эксплуатация систем лиманного орошения на юге Красноярского края. /Бадмаева С.Э.// Всесоюзн. науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов «Вопросы водохозяйственного строительства, мелиорации, использования и охраны водных ресурсов» - Ереван, 1991. – С. 41-42.

14. Струков, Н.С. Изменение плодородия чернозема обыкновенного под влиянием хозяйственной деятельности человека. /Струков Н.С., Савченко В.Т., Бадмаева С.Э.// Ж-л. «Мелиорация и водное хозяйство» 1995. №3 С.34-35.

15. Струков, Н.Т. Предупреждение ирригационной эрозии чернозема обыкновенного /Струков Н.Т., Бадмаева С.Э., Комарова В.М., Бадмаева Ю.В.// Вестник КрасГАУ, 1999 - №5 - С. 103-109.

16. Савченко, В.Т. Организация поверхностного орошения на оросительных системах с закрытой оросительной системой. /Савченко В.Т., Бадмаева С.Э., Кошелева И.В., Бадмаева Ю.В.// Вестник КрасГАУ, 2000.- № 6 - С. 132-133.

17. Бадмаева, С.Э. Агроландшафты на орошаемых землях Средней Сибири /Бадмаева С.Э., Струков Н.Т., Комарова В.М.// Краснояр.гос.аграр.ун-т. – Красноярск, 2001. – 167 с.

18. Бадмаева, С.Э. Земельные ресурсы Красноярского края и основные направления мелиорации по повышению эффективности их использования /Бадмаева С.Э., Савченко В.Т.// Сб. научных трудов «Научное и кадровое обеспечение земельных преобразований в России» - Москва, 2002 - С. 125-128.

19. Бадмаева, С.Э. Почвенно-мелиоративная характеристика Новоселовской оросительной системы /Бадмаева С.Э., Фрицлер Ю.А.// Почвы Сибири: особенности функционирования и использования. Красноярск. - 2002. - С.178-180.

20. Бадмаева, С.Э. Структура агроландшафта с мелиоративной (ороситель-

ной системой) /Бадмаева С.Э.// Вестник КрасГАУ.- 2003.- № 1.- С. 12-14.

21. Бадмаева, С.Э. Эколого-мелиоративные исследования в Средней Сибири /Бадмаева С.Э.// Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2004. – 141 с. (научное издание)

22. Бадмаева, С.Э. Основные особенности и закономерности прогрессивного развития конструкций оросительных систем юга Сибири./Бадмаева С.Э.// Сб. Природообустройство и рациональное природопользование - необходимые условия социально-экономического развития России. - Москва, 2005 - С. 64-69.

23. Бадмаева, С.Э. Регулирование водно-солевого режима почв. /Бадмаева С.Э.// Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Аграрная наука на рубеже веков» - Красноярск, 2005 - С. 103-104.

24. Бадмаева, С.Э. Особенности солевого режима почв Новоселовской оросительной системы /Бадмаева С.Э., Бадмаева Ю.В.// Вестник КрасГАУ, 2006. - С. 131-136.

25. Бадмаева, С.Э. Экологические аспекты орошения /Бадмаева С.Э.// Вестник КрасГАУ, 2006 .- С. 130-131.

26. Бадмаева, С.Э. Оценка водоисточников для ирригации по экологическим показателям./Бадмаева С.Э.// Вестник КрасГАУ, 2006.- С. 129-130.

27. Бадмаева, С.Э. Характеристика водозаборных сооружений оросительных систем юга Средней Сибири /Бадмаева С.Э.// Вестник КрасГАУ.- 2006.- С. 127-129.

28. Бадмаева, С.Э. Методика расчета индивидуальных биологически-оптимальных и текущих норм водопотребления. /Бадмаева С.Э. Международная заочная конференция по проблемам агрокомплекса. - Красноярск. – 2006. – С. 76-78

29. Бадмаева, С.Э. Анализ режимов водопользования. /Бадмаева С.Э.// Международная заочная конференция по проблемам агрокомплекса. Красноярск. – 2006. – С. 74-76.

Санитарно-эпидемиологическое заключение №24.49.04.953.П.000381.09.03 от 25.09.2003 г.

Подписано в печать . Формат 60×84/16 Бумага тип. №1.

Офсетная печать. Объем 2,0 п.л. Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117