

На правах рукописи

Агеенко Оксана Михайловна

**ТЕХНОЛОГИИ УДОБРИТЕЛЬНО - УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ
ПОЛИВОВ КУКУРУЗЫ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИМИ
СТОЧНЫМИ ВОДАМИ В УСЛОВИЯХ ВОЛГО-ДОНСКОГО
МЕЖДУРЕЧЬЯ**

Специальность 06.01.02-Мелиорация, рекультивация и охрана земель

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Саратов -2018

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

Научный руководитель: **Семенов Сергей Яковлевич**
доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Официальные оппоненты: **Гостищев Дмитрий Петрович**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», кафедра «Почвоведение, экология и природопользование», профессор
Васильев Сергей Михайлович, доктор технических наук, доцент ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», зам. директора по науке

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»

Защита состоится « 8 » июня 2018 года в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 220.061.06, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410012, г. Саратов, ул. Советская, д. 60, ауд. 325 им. А.В. Дружкина

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ и на сайте www.sgau.ru

Отзывы на автореферат просим высылать по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная пл. д. 1, E-mail: dissovet01@sgau.ru.

Автореферат разослан «....» 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Дмитрий Анатольевич Маштаков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

Животноводческие сточные воды (ЖСВ) представляют собой смесь экскрементов животных с различными включениями, остатками корма, технической водой, землей, песком. Они содержат минеральные, органические и биологические загрязнители в твердом, взвешенном и растворенном состоянии, которые при попадании в водоёмы ухудшают физико-химические свойства воды и вызывают гибель фауны, образуют на водной поверхности стойкое скопление пены, чем снижают способность воды к самоочищению и угнетают водную растительность, а болезнетворные бактерии, возбудители инфекций и вирусы способны вызывать массовые инфекционные заболевания.

На крупных комплексах в результате концентрации большого поголовья животных на ограниченных площадях и их бесподстильного содержания, образуются большие массы жидкого навоза и навозных стоков, которые в зависимости от вида животных и системы навозоудаления составляют от 250 до 300 т/сут (от 90 тысяч до млн. т /год.). Это высококонцентрированные по органическим и минеральным веществам сточные воды имеют к тому же высокую бактериальную обсемененность. Известно, что количество загрязнений, образующихся на комплексах, эквивалентно загрязнениям, поступающим в окружающую среду от крупных городов. Например, содержание загрязнений в стоках от комплекса на 10 тыс. голов КРС и от комплекса на 108 тыс. голов свиней эквивалентно загрязнениям от города с населением 160 тысяч и 2,2 млн. жителей, соответственно.

Крупные животноводческие комплексы и птицеводческие фермы РФ в количестве около 2300 производят ежегодно до 1 млрд. м³ навозосодержащих сточных вод.

Хранение, обезвоживание и утилизация огромных количеств жидкого навоза является серьезной гигиенической и экологической проблемой.

Учитывая потребность животноводческих комплексов в сочных кормах, высокую урожайность и отзывчивость культуры кукурузы на орошение, данная культура принята к исследованиям в нашем опыте. Необходимость утилизации животноводческих стоков и обеспечение экологической безопасности орошаемых агроландшафтов требуют разработки универсальных технологий орошения с использованием современной дождевальной техники, адаптированной к поливу высокостебельных культур оросительной водой повышенной вязкости.

Степень разработанности темы. Многие видные ученые нашей страны - В.Р. Вильямс, А.Н. Костяков, А.И. Львович, М.С. Григоров, А.С. Овчинников, Д.П. Гостищев, М. Шульц, С.Я. Семенов, В.И., Дмитриева, В.А. Никитин, О.Е. Ясониди, М.Ф. Буданов и др. - указывали в своих работах на необходимость использования сточных вод для орошения.

Проблемы кормопроизводства при утилизации больших объемов животноводческих стоков и использования их для экологического безопасного орошения кукурузы, а также влияния стоков на качество продукции и почву прифермерских полей орошения аридной зоны Волго-Донского междуречья

остаются недостаточно изученными. Актуальность данной проблемы и повлияла на выбор темы, которая представляется особенно необходимой и своевременной в связи с интенсивным развитием животноводства в нашей стране.

Цель исследований - повышение урожайности сельскохозяйственных культур, с сохранением высокого качества продукции и разработка комплекса мероприятий, обеспечивающих экологическую безопасность орошения животноводческими сточными водами (ЖСВ) и решение проблем утилизации стоков.

Задачи исследований:

1. Разработать экологически сбалансированные технологии регулирования водного и пищевого режимов подтипа светло-каштановых почв при использовании удобрительно-увлажнительных поливов дождеванием животноводческими сточными водами.

2. Определить структуру и динамику водопотребления кукурузы при орошении животноводческими сточными водами.

3. Изучить воздействие изучаемых технологий орошения животноводческими сточными водами на затраты оросительной воды.

4. Определить влияние изучаемых технологий орошения животноводческими сточными водами на урожай и качество продукции.

5. Установить воздействие технологий орошения животноводческими сточными водами на поверхностный сток, плодородие почв и их санитарно-гигиеническое состояние.

6. Дать экономическую и биоэнергетическую оценку разработанным технологиям орошения животноводческими сточными водами кукурузы на зеленую массу.

Научная новизна. Основные элементы новизны, внесённые диссертационной работой в решение проблемы использования ЖСВ на орошение, заключаются в следующем:

1. Разработаны технологии орошения животноводческими сточными водами кукурузы на зелёную массу в условиях подтипа светло-каштановых почв Волго-Донского междуречья.

2. Установлено влияние удобрительно-увлажнительных поливов животноводческими сточными водами на водопотребление, развитие кукурузы, величину и качество урожая.

3. Определено воздействие животноводческих сточных вод и технологий удобрительно-увлажнительных поливов на поверхностный сток, плодородие почв и их санитарно-гигиеническое состояние.

4. Обоснована экономическая и биоэнергетическая эффективность орошения кукурузы животноводческими сточными водами.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке и обосновании технологий увлажнительно-удобрительных поливов дождеванием животноводческими сточными водами в аридных условиях юга России.

Результаты исследований позволяют сельхозпроизводителям провести правильный выбор комплекса практических решений, направленных на повышение урожайности, на экологически и санитарно-гигиенически безопасную эксплуатацию мелиорируемых агроландшафтов в зоне использования для орошения животноводческих сточных вод.

Методология и методы исследований. Методологической основой исследований являлись методы системного анализа, синтеза и теоретических положений мелиоративной науки. Использовались общепринятые адаптированные методы теоретических, лабораторных, полевых исследований, а также математические и статистические методы обработки данных.

Положения, выносимые на защиту.

1. Технологии орошения дождеванием кукурузы на зелёную массу животноводческими сточными водами и их влияние на водопотребление культуры.

2. Влияние орошения животноводческими сточными водами на величину и качество урожая, на плодородие почв и санитарно-гигиеническое их состояние.

3. Технологии обеспечения экологической безопасности полива дождеванием животноводческими сточными водами.

4. Биоэнергетическая и экономическая эффективность выращивания кукурузы при поливе дождеванием животноводческими сточными водами.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов исследований подтверждается большим объемом экспериментальных данных, полученных в результате лабораторных и многолетних полевых опытов, выполненных в многократной повторности; достаточным объемом расчетных данных; высокой степенью точности результатов теоретических и экспериментальных исследований, обосновывающих технологии орошения дождеванием животноводческими сточными водами.

Основные результаты исследований были доложены и получили положительную оценку на научно-практических конференциях: I-ой Международной научно-практической конференции молодых ученых «Актуальные вопросы природопользования в аридной зоне Северо-Западного Прикаспия» (с. Соленое Займище, 2012); Международной научно-практической конференции «Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (Волгоград, 2017); Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию окончания Сталинградской битвы «Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (Волгоград, 2018)

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 статей, объемом 1,90 печ. л., в т.ч. авторских-1,52 печ. л., из них 4 - в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, объемом 1,24 печ. л., в т.ч. авторских – 1,15 печ. л.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения и предложений производству, списка литературы и приложений.

Общий объем диссертации составляет 130 страниц машинописного текста, содержит 31 таблицу, 16 рисунков и 31 приложение. Список литературы содержит 177 наименований, в том числе 5 – на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, степень ее разработанности, сформулированы цели, задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, определен личный вклад автора, приведены сведения о достоверности и апробации результатов исследований.

В первой главе представлена степень разработанности темы, показан вклад ведущих ученых М.С. Григорова, А.С. Овчинникова, Н.Г. Андреева, С.Я. Семененко, Д.П. Гостищева, О.Е. Ясониди, Ю.И. Ворошилова, В.И. Дмитриевой, В.Т. Додолиной, А.М. Ларионовой, В.М. Новикова, Н.А. Романенко, В.П. Саяпина и др. в решение проблем использования животноводческих стоков для орошения сельскохозяйственных культур, их влияния на качество продукции и почву. Указывается на необходимость учета экологического воздействия таких технологий, интенсивность которых может регулироваться оптимизацией режимов применения ЖСВ в конкретных агроэкологических условиях. Необходимость обоснования режимов применения ЖСВ в удобрительно-увлажнительном орошении кукурузы на подтипе светло-каштановых почв Волго-Донского междуречья определяет круг вопросов наших исследований.

Во второй главе приведено описание условий, обоснование схемы и методик проведения исследований.

Экспериментальные исследования проводились с 2011 по 2013 год на подтипе светло-каштановых почв в зоне Волго-Донского междуречья Волгоградской области на орошаемых землях Казачьей Холдинговой Компании АО «Краснодонское».

Почвенный покров опытного участка представлен светло-каштановыми почвами среднего гранулометрического состава с содержанием гумуса 0,5...1,7 %, содержанием азота (4,1...11,7 мг/100г почвы) и фосфора (2,5...7,3 мг/100г почвы) на уровне низкой, а калия (10,2...23,3 мг/100г почвы) высокой обеспеченности. Анализ метеорологических условий в период исследований показал, что по гидротермическому коэффициенту климат в течение вегетационного периода складывался неравномерно: в засушливый 2011 год сентябрь был влажным, а май, июнь, июль и август сухими; в сухой 2012 год весь период вегетации был сухим; в засушливый 2013 год июнь и сентябрь определяются как влажные, а май, июль и август как сухие.

Полевой эксперимент был заложен по двухфакторной схеме. По фактору А проводили поиск оптимальной степени разбавления животноводческих стоков природной оросительной водой, которая поступала из скважин: вариант A_0 – контроль, полив природной водой, A_1 - полив осветленными животноводческими сточными водами с разбавлением природной водой в соотношении 1:4, A_2 – тоже, в соотношении 1:3. В рамках фактора В к изучению были поставлены вопросы оптимального чередования поливов разбавленной сточной и природной

оросительной водой: вариант В₁ – без чередования (полив сточными водами), В₂ - чередование двух поливов сточными водами с одним поливом природной водой, В₃ - чередование одного полива сточными водами с одним поливом природной водой.

По сравнению с поливом чистой водой при орошении животноводческими сточными водами снижалась впитывающая способность почвы, т.к. в них содержалось большое количество взвешенных веществ, которые при поступлении на почву кольматировали почвенные поры. Поэтому разработаны технологии (В₂ и В₃) чередования одного или двух поливов сточными водами с одним поливом природной водой для промывки почвенных пор и восстановления скорости впитывания и предотвращения образования поверхностного стока, который может вызвать не только водную эрозию почв, но и загрязнение окружающей среды.

Повторность опыта четырехкратная, форма учетной делянки – прямоугольная, площадь делянки 250 м², размещение вариантов – методом рендомизированных блоков.

Поливную норму рассчитывали по формуле А.Н. Костякова для предполивного порога влажности 80 % НВ в слое почвы 0,80 м. Расчетная поливная норма природной водой и животноводческими сточными водами составляла 400 м³/га. Удобрительно-увлажнительные поливы проводились ДМ BAUER E41 тип 140, предназначенной для полива животноводческими сточными водами.

Отбор проб сточных вод проводили непосредственно на предприятии по основным водовыпускам, характеризующим стадии технологического процесса и по водовыпуску, отражающему общий сток предприятия в типичное для работы предприятия время.

Контроль за влажностью почвы проводили весовым методом и с помощью тензиометров перед посевом, перед каждым поливом, на вторые сутки после полива, после выпадения осадков, а также через 5...7 суток в межполивные периоды.

Сток поливной воды учитывался по методу Вадюниной А.Ф., на стоковых площадках размерами 1,5x1,0 м. Повторность трехкратная, расположение стоковых площадок вдоль крыла дождевальная машины.

В третьей главе приводятся результаты исследований химического состава стоков и характеристика оросительной воды.

По результатам химического анализа стоков (таблица 1) определялась степень разбавления стоков природной водой 1:3 и 1:4 в соответствующих прудах с последующей оценкой их пригодности к орошению по ирригационным коэффициентам (таблица 2). Было установлено, что не разбавленные животноводческие стоки содержали большое количество биогенных элементов и характеризовались высокой удобрительной ценностью. В них содержалось в среднем азота общего – 261,2, фосфора- 85,5 и калия 186,33 мг/дм³.

Определена допустимая концентрация азота – 93,75, фосфора 35,15 и калия 117,18 мг/л. При данных расчетных концентрациях SAR = 9,9 осолонцевание почвы не произойдет, так как выполняется условие SAR<10.

Таблица 1 – Химический состав природных и сточных вод
(среднее за 2011-2013 гг.), мг/дм³

Наименование ингредиентов	Природная вода	Неразбавленные стоки	Разбавление 1:3	Разбавление 1:4
азот общий	14,92	261,21	179,16	134,34
фосфор	4,89	85,5	58,65	43,98
калий	10,65	186,33	127,77	95,82
азот аммонийный	0,61	10,65	7,32	5,49
кальций	1,05	18,33	12,57	9,42
магний	5,26	92,1	63,15	47,37
фенолы	0,0003	0,0048	0,0033	0,027
сульфаты	115,83	2023,95	1389,93	1042,44
хлориды	90,47	1583,31	1085,7	814,26
нитриты	0,865	15,27	10,41	6,18
нитраты	12,94	226,23	155,13	116,34
натрий	59,7	1044,84	716,46	537,36
формальдегид	0,0085	0,18	0,12	0,12
БПКполн	1,715	30,06	20,61	15,45
ХПК	9,18	190,65	110,16	82,62
нефтепродукты	0,085	1,05	1,02	0,75
АПАВ	0,13	2,31	1,56	1,17
жироподобные	0,085	1,5	1,05	0,78

Таблица 2-Результаты оценки пригодности животноводческих сточных вод по ирригационным коэффициентам

Требования к соотношению ионов солей		Автор				
		М.Ф. Буданов	И.Н. Антипов-Каратаев	Департамент сельского хозяйства США	О.У. Израэльсен	
		при минерализации до 1г/л $\frac{Na + K}{Ca + Mg} \leq 1$	$\frac{Na * C * 0.23}{Ca + Mg} < 15$	$Na/\sqrt{(Ca+Mg)}:2 < 8.0$	$\frac{Na + K}{C} < 1$	
соотношение ионов солей	неразбавленные стоки	1.64	30.43	8.22	1.15	
	разбавление 1:3	2011	0.95	7.96	3.43	0.60
		2012	0.93	4.15	2.97	0.78
		2013	0.88	2.99	1.83	0.82
	разбавление 1:4	2011	0.91	6.43	2.55	0.56
		2012	0.89	4.30	2.05	0.65
		2013	0.82	2.87	1.65	0.77
	среднее	1:3	0.92	5.03	2.74	0.73
1:4		0.87	4.53	2.08	0.66	

Примечание: С-сумма катионов в мг.-эquiv./л

Исследованиями было установлено, что неразбавленные стоки непригодны к использованию, т.к. значения ирригационных коэффициентов не соответствует требованиям. Химический состав животноводческих сточных вод с разбавлением

природной водой 1:3 и 1:4 соответствовал требованиям, и они пригодны к использованию для орошения кукурузы.

В четвертой главе представлены результаты исследования технологий орошения кукурузы, их влияние на урожай и качество продукции.

Влажность почвы в засушливые 2011 и 2013 года на всех вариантах опыта в день посева была одинаковой и составляла от 83% до 86%НВ, в сухой 2012 г. – от 80% до 82%. Слой выпавших осадков за период «посев – молочно-восковая спелость» составил в 2011 г. 61,4 мм, в 2012 г. 109 мм и в 2013 г. 170,6 мм.

В условиях Волгоградской области, для поддержания уровня влажности не ниже 80 % НВ, в сухой (2012) год при орошении животноводческими сточными водами возникала необходимость проведения от 8 до 11 поливов с оросительной нормой 3200...4400 м³/га, а в засушливый (2011, 2013 гг.) – 6...10 поливов с оросительной нормой 2400...4000 м³/га. Заданный уровень предполивной влажности почвы был выдержан, отклонения не превышали 2...3 % (рисунок 1).

В среднем за три года исследований максимальное количество поливов потребовалось на технологии орошения осветленными животноводческими сточными водами с разбавлением природной водой в соотношении 1:3 (А₂В₁), где оросительная норма составила 4000 м³/га. По сравнению с вариантом разбавления 1:4 (А₁В₁), где оросительная норма составила 3200 м³/га, при разбавлении 1:3 было проведено на 2 полива больше.

Сравнивая между собой одинаковые технологии, но с разной степенью разбавления 1:4 и 1:3, следует отметить, что разница в оросительной норме и количестве поливов обуславливалась степенью разбавления при одинаковой технологии. Опыты показали, что для утилизации большого количества сточных вод и экономного расходования природной воды, необходимо использовать технологии орошения со степенью разбавления 1:3 (А₂В₁, А₂В₂, А₂В₃).

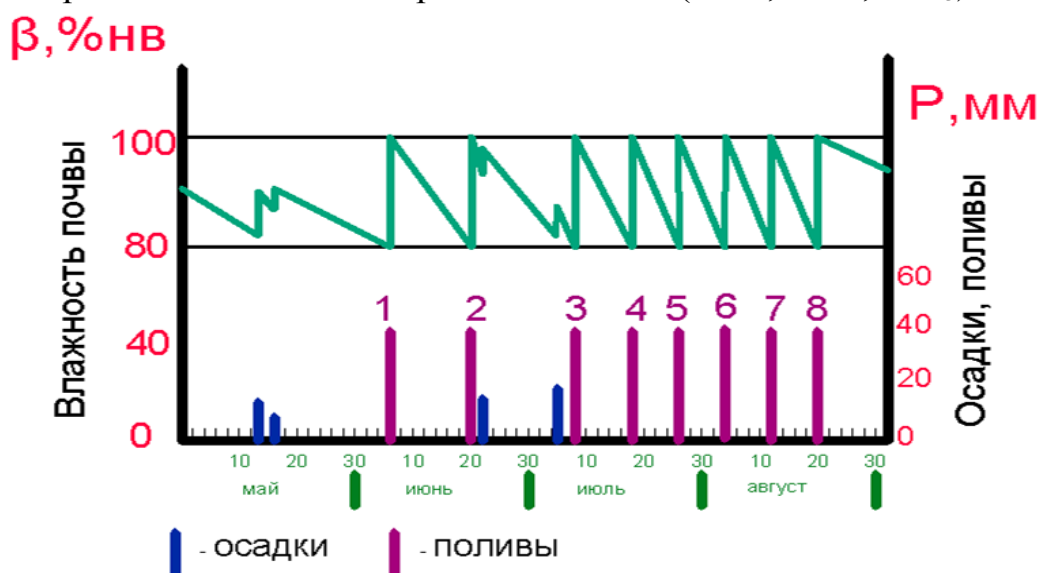


Рисунок 1 - График поливов и динамика влажности почвы на варианте А₁В₁, 2011г.

Повышение урожайности зеленой массы кукурузы зависело от количества внесенных со сточной водой питательных веществ и технологии орошения (таблица 3).

По данным исследований наибольший объем поступления урожаям NPK со стоками и природной водой наблюдались на технологии A_2B_1 - полив осветленными животноводческими сточными водами с разбавлением природной водой в соотношении 1:3: в 2011 г. - $N_{223,92}P_{73,32}K_{159,72}$, в 2012 г. - $N_{246,31}P_{80,66}K_{175,70}$, в 2013 г. - $N_{201,52}P_{65,99}K_{143,75}$.

Таблица 3–Поступление NPK со сточной водой, кг/га

Год исследования	Вариант опыта							
	фактор А	A ₀ (контроль)	A ₁	A ₁	A ₁	A ₂	A ₂	A ₂
	фактор В		B ₁	B ₂	B ₃	B ₁	B ₂	B ₃
2011	N	41,78	124,18	105,06	79,99	223,92	150,86	113,44
	P ₂₀₅	13,69	40,67	34,41	26,20	73,32	48,46	36,15
	K ₂₀	29,82	88,58	74,96	57,07	159,72	106,61	79,93
2012	N	47,74	139,69	111,03	85,96	246,32	173,15	135,83
	P ₂₀₅	15,65	45,75	36,37	28,15	80,66	56,70	43,49
	K ₂₀	34,08	99,66	79,22	61,33	175,70	124,29	96,91
2013	N	35,81	108,65	74,02	64,47	201,52	146,29	107,47
	P ₂₀₅	11,74	35,58	24,24	21,43	65,99	47,90	35,20
	K ₂₀	25,56	77,52	52,81	45,88	143,75	104,35	76,67

Наиболее продуктивные посевы кукурузы были сформированы на варианте A_2B_2 , где урожайность зеленой массы составила в 2011 г. - 75,53 т/га; в 2012 г. - 79,77 и в 2013 г. - 86,62 т/га. Минимальные значения урожайности наблюдались на варианте, где полив проводили природной водой: в 2011 г. - 48,21 т/га, в 2012 г. - 50,57 и в 2013 г. - 61,03 т/га (таблица 4).

Таблица 4 - Влияние степени разбавления животноводческих стоков и технологий поливов на урожайность кукурузы

Сочетание факторов		Урожайность, т/га			
степень разбавления животноводческих стоков природной водой (фактор А)	режим чередования поливов сточной и природной оросительной водой (фактор В)	2011	2012	2013	среднее
A ₀ (контроль)		48,21	50,57	61,03	53,27
A ₁ (1:4)	B ₁ (без чередования)	67,08	76,50	81,84	75,14
A ₁ (1:4)	B ₂ (2:1)	65,91	74,47	79,60	73,33
A ₁ (1:4)	B ₃ (1:1)	64,11	72,38	77,23	71,24
A ₂ (1:3)	B ₁ (без чередования)	68,70	78,95	83,51	77,05
A ₂ (1:3)	B ₂ (2:1)	75,53	79,77	86,62	80,64
A ₂ (1:3)	B ₃ (1:1)	72,15	79,45	85,55	79,05
НСР ₀₅	фактор А	0,90	0,73	0,97	
	фактор В	0,90	0,73	0,97	
	для частных средних	1,56	1,26	1,69	

На фоне равнозначных технологий поливов, но с разной степенью разбавления животноводческих сточных вод было отмечено преимущество варианта разбавления стоков 1:3, позволяющее повысить продуктивность зеленой массы кукурузы на 1,91...7,81 т/га.

Анализируя данные исследований, следует отметить, что увеличение дозы поступления азота, фосфора, калия на вариантах A_1B_1 , A_2B_1 , A_1B_2 , A_1B_3 , A_2B_2 ,

A₂B₃ по сравнению с контрольным вариантом привело к увеличению урожайности на 17,97...27,37 т/га.

По результатам статистического анализа опытных данных была получена регрессионная модель формирования урожая зеленой массы кукурузы в функции изучаемых факторов - степени разбавления животноводческих стоков природной водой (фактор А) и режимов чередования поливов сточной и природной оросительной водой (фактор В):

$$Y = a + b(A) + c \ln(B) + d(A)^2 + e(\ln(B))^2 + f(A) \ln(B),$$

где (А) – доля компонентов сточных вод, % (В) – доля поливов с использованием животноводческих стоков, %, Y – урожайность зеленой массы кукурузы, т/га, а коэффициенты a=-328,6, b=6,4, c=141,1, d=-0,017, e=-12,6, f=-1,1 – получены в результате регрессионного анализа опытных данных. Коэффициент детерминации зависимости 0,91. Область определения зависимости ограничивается условиями получения исходных данных. Для параметра А это диапазон значений от 0 до 33 %, для параметра В - от 50 до 100 %.

График изменения урожайности зеленой массы кукурузы в зависимости от элементов технологии применения сточных вод, при поливе приведен на рисунке 2.

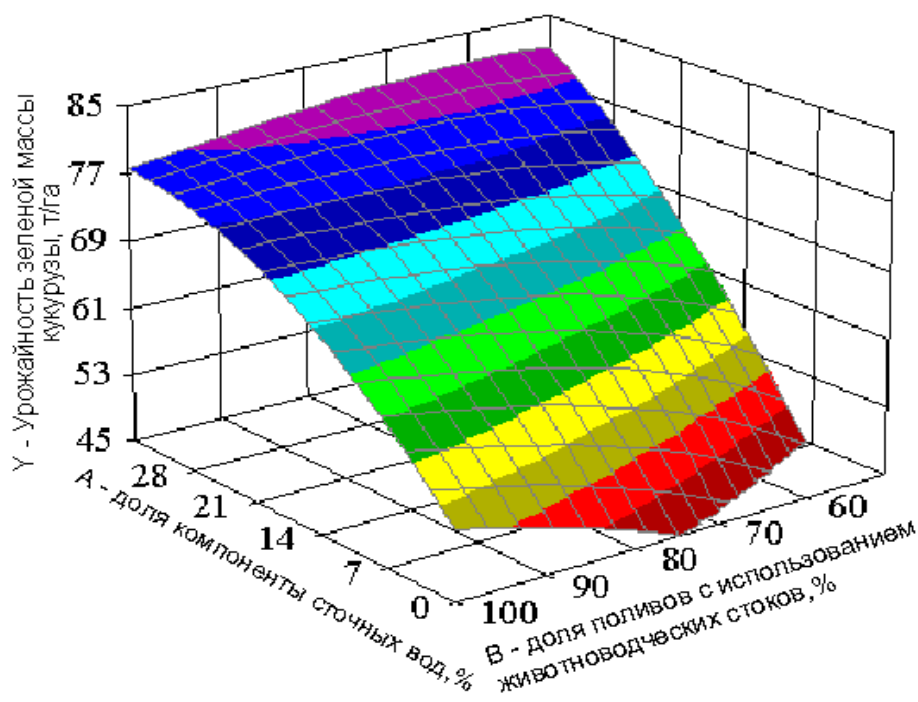


Рисунок 2 - График изменения урожайности зеленой массы кукурузы, в зависимости от элементов технологии применения сточных вод

Использование полученного уравнения позволяет обосновать наиболее эффективные сочетания параметров технологии применения ЖСВ при орошении кукурузы.

Оценка качества продукции кукурузы на зеленую массу проводилась на основании методических указаний по оценке качества и питательности кормов. Содержание токсических веществ (нитратов -500 мг/кг корма) в зеленых кормах

не должно превышать предельно допустимые концентрации (ПДК), установленные Департаментом ветеринарии Минсельхоза России.

Исследование содержания нитратов в кукурузе в зависимости от технологии орошения показали, что в зеленой массе кукурузы по всем вариантам опыта не превышалось значение установленных норм (таблица 5).

Таблица 5 – Среднее значение нитратов в кукурузе, в зависимости от технологии орошения за 2011 - 2013 гг.

Вариант опыта		Природная вода	Разбавление 1:4			Разбавление 1:3		
		A ₀	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₃	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₃
вносилось поливами, кг	N	41,78	124,17	96,70	76,81	223,92	156,77	118,91
	P ₂ O ₅	13,69	40,67	31,67	25,26	73,32	51,02	38,28
	K ₂ O	29,82	88,59	69,00	54,76	159,72	111,57	84,50
фактическая концентрация, мг/кг		268,7	268,7	322,5	319,4	312,8	333,6	325,7
урожайность, т/га		53,27	53,27	75,14	73,33	71,24	77,05	80,64

Наибольшее количество нитратов было на технологиях, где орошение проводилось животноводческими стоками с разбавлением природной водой в соотношении 1:3, а именно на варианте A₂B₂ - 333,6 мг/кг. На варианте с чередованием одного полива сточными водами с одним поливом природной водой содержание нитратов не превышало 323,7 мг/кг. Чередование двух поливов осветленными животноводческими сточными водами с одним поливом природной водой позволило снизить содержание нитратов до 325,7 мг/кг.

Наилучшими технологиями орошения являются: A₂B₂ (чередование двух поливов осветленными животноводческими сточными водами с одним поливом природной водой) и A₂B₃ (чередованием одного полива сточными водами с одним поливом природной водой), где урожайность достигала максимальных значений 80,64 и 79,05 т/га.

В пятой главе приведены материалы, посвященные изучению вопросов суммарного водопотребления кукурузы при поливе животноводческими стоками.

Опытами было установлено, что суммарное водопотребление кукурузы в годы исследований изменялось от 3075 до 5163 м³/га.

Наибольшее количество воды кукуруза потребляла на варианте A₂B₁ - в 2011 году 4275 м³/га, в 2012 году 5163 м³/га, в 2013 году 4812 м³/га. Наименьшее количество воды кукуруза потребляла в 2011 и 2012 годах на вариантах A₀ и A₁B₃, где суммарное водопотребление составило 3075 и 3963 м³/га соответственно.

В зависимости от года исследования и варианта опыта на долю оросительной воды приходилось 2400...4400 м³/га (66...94%), атмосферных осадков 186...1102 м³/га (4...30%), почвенных влагозапасов – 89,1...110,2 м³/га (2...3 %).

Проведенные исследования позволили выявить влияние технологий полива кукурузы сточными водами на эффективность использования оросительной воды (таблица 6).

На вариантах A₁B₁, A₂B₁, A₁B₂, A₁B₃, A₂B₂, A₂B₃ по сравнению с контрольным вариантом A₀ наблюдалось уменьшение коэффициента водопотребления (K_в) при совокупном росте урожая зеленой массы.

Таблица 6 - Коэффициент водопотребления, среднее за три года

		Вариант опыта					
фактор А	А ₀ (контроль)	А ₁	А ₁	А ₁	А ₂	А ₂	А ₂
фактор В		В ₁	В ₂	В ₃	В ₁	В ₂	В ₃
суммарное водопотребление, м ³ /га	3550	3950	3817	3550	4750	4350	3950
урожайности зеленой массы кукурузы, т/га	53,27	75,14	73,33	71,24	77,05	80,64	79,05
коэффициент водопотребления, м ³ /т	66,65	52,57	52,05	49,84	61,65	53,95	49,97

Особенностью орошения животноводческими стоками являлось наличие в них большого количества взвешенных веществ, которые, попадая на почву, коагулировали почвенные поры, вызывая резкое уменьшение скорости впитывания поливной воды и увеличение поверхностного стока. Различный объем поступающих взвешенных веществ определял различный объем поверхностного стока, что существенно изменяло фактические затраты оросительной воды ($K_{в. \text{факт}}$) на создание единицы продукции (таблица 7,8).

Таблица 7 - Зависимость потерь поливной воды от технологии орошения

Вариант опыта		Год исследования						Среднее	
		2011		2012		2013			
фактор А	фактор В	потери на поверхностный сток							
		м ³ /га	%	м ³ /га	%	м ³ /га	%	м ³ /га	%
А ₀ (контроль)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
А ₁	В ₁	347,20	10,85	403,20	11,20	306,88	10,96	352,43	11,00
А ₁	В ₂	57,28	1,79	70,92	1,97	40,32	1,68	56,17	1,81
А ₁	В ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
А ₂	В ₁	636,80	15,92	704,44	16,01	572,40	15,90	637,88	15,94
А ₂	В ₂	240,84	6,69	280,40	7,01	206,40	6,45	242,55	6,72
А ₂	В ₃	112,00	3,50	154,80	4,30	108,92	3,89	125,24	3,90

Исследованиями было установлено, что средние значения затрат природной воды и стоков на создание единицы продукции кукурузы составили: стоков от 4,12 до 12,98 м³/т, природной воды от 34,07 до 52,56 м³/т, а эффективно использованная оросительная вода с учетом потерь на поверхностный сток составила от 38,26 до 52,56 м³/т.

Максимальное значение затрат животноводческих стоков, подаваемых с оросительной водой, составило на варианте опыта А₂В₁ - 12,98 м³/т. Это произошло из-за наибольшего количества проведенных поливов. Поливы с одинаковой степенью разбавления в соотношении 1:3 (вариант опыта А₂В₂ и А₂В₃) позволяли наиболее эффективно использовать оросительную воду на создание единицы продукции по сравнению с такими же технологиями, но со степенью разбавления в соотношении 1:4 (вариант опыта А₁В₂ и А₁В₃). Наибольшая эффективность использования природной оросительной воды отмечалась на варианте А₁В₃.

Таблица 8—Фактические затраты оросительной воды ($K_{в. \text{ факт}}$) на создание единицы продукции с учетом потерь на поверхностный сток, $\text{м}^3/\text{т}$

Год исследования	Вариант опыта							
	фактор А	A_0 (контроль)	A_1	A_1	A_1	A_2	A_2	A_2
	фактор В		B_1	B_2	B_3	B_1	B_2	B_3
2011	стоки	0,00	9,54	7,28	4,99	14,56	7,94	5,54
	природная вода	58,08	38,16	41,27	38,68	43,67	39,72	38,81
	всего	58,08	47,70	48,55	43,67	58,23	47,66	44,35
2012	стоки	0,00	9,41	6,45	4,42	13,93	8,78	6,29
	природная вода	63,28	37,65	41,90	39,79	41,80	41,37	39,02
	всего	63,28	47,06	48,35	44,21	55,73	50,15	45,31
2013	стоки	0,00	6,84	4,02	3,11	10,78	6,93	4,68
	природная вода	39,32	27,37	26,13	27,97	32,33	30,02	28,05
	всего	39,32	34,21	30,15	31,08	43,11	36,95	32,73
среднее	стоки	0,00	8,60	5,82	4,12	12,98	7,85	5,48
	природная вода	52,56	34,07	36,00	35,19	38,93	36,79	35,00
	всего	52,56	42,67	41,82	39,31	51,91	44,64	40,48

При избыточном объеме животноводческих сточных вод и дефиците природной воды рекомендуется использование технологий поливов, где орошение производят животноводческими сточными водами с разбавлением 1:3, а именно технологи A_2B_2 и A_2B_3 .

В шестой главе рассмотрены экологические аспекты использования животноводческих стоков на орошение, которые могут негативно влиять на водно-физические свойства почвы, вызывая ее уплотнение и снижение аэрации пахотного горизонта.

Подтип светло-каштановых почв опытного участка имел недостаточное количество питательных веществ в доступной для растений форме, чтобы удовлетворить потребность в минеральных элементах необходимых для формирования предусмотренных схемой опытов уровней урожайности (таблица 9).

До применения технологий орошения плотность почвы для расчетного слоя почвогрунта 0,0...0,8м составляла $1,33 \text{ т/м}^3$, наименьшая влагоемкость в слое 0,0...0,8 м – 21,8%, массы сухой почвы.

Поливная вода содержит взвешенные вещества, которые в разных вариантах опыта поступают с различной концентрацией. Плотность почвы в слое 0...80 см увеличивалась при орошении разбавленными стоками 1:3. Максимальные значения плотности ($1,49 \text{ т/м}^3$) и минимальные значения порозности (54,49%) наблюдались на варианте опыта A_2B_1 , где была повышенная концентрация стоков и взвешенных веществ. Минимальные значения плотности почвы ($1,35 \text{ т/м}^3$) и максимальные значения порозности – (55,89%) наблюдались на варианте A_1B_3 .

Таблица 9 - Исходные агрохимические свойства почвы опытного участка

Год исследования	Слой почвы, см	рН	Гумус, %	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Емкость поглощения, мг-экв на 100г почвы
2011	0...20	7,1	1,2	10,6	6,8	22,4	18,7
	20...40	7,2	1,0	8,4	4,5	18,6	17,5
	40...80	7,3	0,5	4,1	2,5	10,2	8,2
2012	0...20	7,2	1,7	11,5	7,0	22,0	19,5
	20...40	7,3	1,4	9,0	4,6	19,1	18,9
	40...80	7,4	0,6	5,2	2,6	10,3	9,1
2013	0...20	7,3	1,5	11,7	7,3	23,3	20,4
	20...40	7,4	1,2	9,1	4,4	20,2	19,2
	40...80	7,5	0,5	5,0	2,6	10,4	9,2

Максимальное содержание фосфора наблюдалось на варианте А₁В₃: в 2011г. 25,8 мг/100г почвы, в 2012 г. 27,8 мг/100г почвы, в 2013 г. 27,2 мг/100г почвы, а минимальное - на варианте А₀: в 2011 г 10,8 мг/100г почвы, в 2012 г. 11,9 мг/100г почвы, в 2013 г. 11,4 мг/100г почвы. Наибольшее содержание азота обеспечивалось на варианте А₁В₃: в 2011 г. 13,1 мг/100г. почвы, в 2012 г. 14,9 мг/100г почвы, в 2013 г. 13,2 мг/100г почвы, а минимальное - на варианте А₀: в 2011г. 4,1 мг/100г почвы, в 2012 г. 5,0 мг/100г почвы, в 2013 г 4,7 мг/100г почвы. Наибольшие изменения запасов обменного калия во всех вариантах наблюдались в 2011 г от 10,8 до 28,4 мг/100г почвы, в 2012 г от 11,9 до 28,4 мг/100г почвы, в 2013 г от 11,4 до 27,4 мг/100г почвы.

Для обеспечения экологической безопасности полива оптимальной степенью разбавления является 1:4, а именно вариант А₁В₃, с минимальной концентрацией взвешенных веществ, при использовании которой на поверхности не образовывалась кольматирующая пленка, уменьшающая скорость впитывания стоков и не образующая поверхностный сток при следующем поливе.

В исследованиях было установлено влияние доз внесения биогенных элементов на химический состав растений. На фоне увеличения содержания азота общего в зеленой массе кукурузы происходило снижение содержания магния и кальция при увеличении калия (таблица 10).

По данным исследований наибольшее увеличение содержания азота на технологиях с одинаковой степенью разбавления 1:3, но с разным чередованием полива А₂В₂(3,7%) и А₂В₃(3,9%) соответственно наибольшее снижение магния (0,8% и 1,0%) и кальция (1,9% и 2,1%).

Для оценки качества кормов по химическим ингредиентам рекомендуется контроль по соотношению: К/Са +Mg < 2,2, если соотношение > 2,2, то корм может явиться причиной заболевания скота. По этому показателю зеленая масса кукурузы с опытных делянок являлась безопасной.

По данным исследований наименьший показатель К/Са +Mg наблюдался на варианте А₀ - поливе природной водой, которой составил 1,01. При орошении стоками наименьший показатель К/Са +Mg был получен на варианте А₁В₃- 1,37 и варианте А₁В₂ - 1,38. Максимальные значения наблюдались на варианте А₂В₁ - 1,77, при этом качество корма соответствовало критериям безопасности.

Таблица 10 - Изменение качества кукурузы от степени разбавления стоков и технологий, % от сухого вещества (среднее за три года)

Вариант опыта							
фактор А	А ₀ (кон- троль)	А ₁	А ₁	А ₁	А ₂	А ₂	А ₂
фактор В		В ₁	В ₂	В ₃	В ₁	В ₂	В ₃
азот общий	2,9	3,6	3,2	3,2	3,5	3,7	3,9
калий	3,0	3,9	3,7	3,4	4,2	4,3	4,5
зола	13,4	14,5	14,1	13,7	14,3	14,6	14,9
фосфор	0,8	1,3	1,1	0,8	1,1	1,4	1,6
клетчатка	33,8	35,76	35,2	34,73	40,1	40,7	41,4
кальций	2,2	2,3	2,0	1,9	1,7	1,9	2,1
магний	0,6	0,9	0,7	0,57	0,7	0,8	1,0
$\frac{K}{Ca + Mg}$	1,01	1,56	1,38	1,37	1,77	1,57	1,46

Исследованиями установлено, что в поступающих на биологические очистные сооружения неочищенных животноводческих сточных водах содержатся яйца гельминтов, в основном аскарид, власоглавы, тениды и карликового цепня. На данном объекте коли-индекс яиц гельминтов колеблется от 1 до 75. Поэтому животноводческие стоки необходимо отстаивать в прудах накопителях не менее шести месяцев в теплый период года и не менее восьми месяцев в холодный период года. После этого периода коли-индекс гельминтов в среднем составлял 0,5. На протяжении всех исследований проводился контроль над химическим составом грунтовых и поверхностных вод. Данные анализов указывали на отсутствие их загрязнения.

Соблюдение технологий орошения осветленными животноводческими сточными водами и санитарных правил оказывают положительное влияние на плодородие почвы при сохранении качества выращенной продукции, обеспечивают требуемое санитарно-гигиеническое состояние почвы, растений и окружающих агроландшафтов.

В седьмой главе произведена биоэнергетическая и экономическая оценка изучаемых технологий орошения животноводческими сточными водами.

Применение современной энергосберегающей дождевальной машины BAUER E41 тип 140 для орошения кукурузы положительно влияло на показатель биоэнергетической эффективности, однако ввиду низкой впитывающей способности почв орошаемого массива при поливе образовывался поверхностный жидкий и твердый сток, который выносит из почвы некоторый объем питательных элементов, для внесения которых были произведены определенные затраты.

Исследования показывали, что биоэнергетические потери, рассчитанные через НРК, при орошении природной водой и животноводческими сточными водами изменялись в зависимости от гидротермических характеристик года исследования и применения конкретной технологии (таблица 11).

Данные исследований показывали, что технология А₁В₃ являлись наиболее эффективной ввиду отсутствия поверхностного стока и потерь НРК.

Минимальный коэффициент энергетической эффективности (Кэ.э.) - 1,03 был получен на технологии полива природной водой.

Наивысшие значения коэффициента энергетической эффективности были получены на технологиях с одинаковой степенью разбавления 1:3, но разным чередованием полива. Технологии A_2B_2 и A_2B_3 являются энерго- и ресурсосберегающими, поскольку коэффициент энергетической эффективности больше, чем на других вариантах и равен 1,87 и 1,71 соответственно. На данных технологиях наблюдались соответственно наибольшее содержание энергии в урожае 1147,51 ГДж/га, 1124,88 ГДж/га и наименьшие затраты совокупной энергии 613,64 ГДж/га, 467,06 ГДж/га.

Таблица 11 - Общий биоэнергетический баланс (среднее за три года)

		Вариант опыта						
фактор А	фактор В	А ₀ (контроль)	А ₁	А ₁	А ₁	А ₂	А ₂	А ₂
			В ₁	В ₂	В ₃	В ₁	В ₂	В ₃
затрачено энергии, ГДж/га	N	1,19	3,67	2,78	2,24	6,35	4,52	3,37
	P2O5	0,08	0,23	0,17	0,14	0,41	0,29	0,21
	K2O	0,12	0,36	0,27	0,22	0,59	0,46	0,32
	Всего	1,39	4,26	3,22	2,60	7,35	5,27	3,90
использовано урожаем, ГДж/га	N	1,19	2,53	2,60	2,24	3,61	3,88	2,82
	P2O5	0,08	0,14	0,16	0,14	0,19	0,20	0,17
	K2O	0,12	0,24	0,25	0,22	0,30	0,36	0,26
	Всего	1,39	2,91	3,01	2,60	4,10	4,44	3,25
потери со стоком, ГДж/га	N	0,00	1,14	0,18	0,00	2,73	0,64	0,54
	P2O5	0,00	0,08	0,01	0,00	0,22	0,08	0,04
	K2O	0,00	0,11	0,02	0,00	0,29	0,10	0,05
	Всего	0,00	1,33	0,21	0,00	3,24	0,82	0,63
Кэ.э		1,03	1,27	1,49	1,35	1,15	1,87	1,71

Расчеты данных исследований показали, что применение для полива разбавленных животноводческих стоков экономически выгодно (таблица 12).

Минимальные значения экономической эффективности пришлось на вариант A_0 (полив природной водой), где наименьшая урожайность 53,27 т/га, наивысшая себестоимость 773 руб./т, наименьший чистый доход 6,74 руб./га и наименьшая рентабельность 16,4%.

Таблица 12 – Экономическая эффективность выращивания кукурузы на зеленую массу, среднее за три года

		Вариант опыта						
фактор А	фактор В	А ₀ (контроль)	А ₁	А ₁	А ₁	А ₂	А ₂	А ₂
			В ₁	В ₂	В ₃	В ₁	В ₂	В ₃
затраты, всего, тыс. руб./га		41,20	48,50	46,30	43,90	51,40	48,30	45,00
урожайность, т/га		53,27	75,14	73,33	71,24	77,05	80,64	79,05
себестоимость, руб./т		773,00	548,00	562,00	578,00	535,00	511,00	521,00
выручка, тыс. руб./га		47,94	67,63	65,99	64,11	69,34	72,57	71,14
чистый доход, тыс. руб./га		6,743	26,42	24,79	22,91	28,14	31,37	29,94
рентабельность, %		16,40	64,10	60,20	55,60	68,30	76,20	72,70

Наибольшая экономическая эффективность получена на технологиях с одинаковой степенью разбавления 1:3, но разным чередованием полива. Технологии A_2B_2 и A_2B_3 являются экономически выгодными. На данных технологиях урожайность 80,64 и 79,05 т/га, наименьшая себестоимость 511,00 и 521,00 руб./т, наибольшая рентабельность производства 76,20 и 72,70%, наибольший чистый доход 31,37 и 29,95 тыс.руб./га соответственно, что на 24,63 и 23,20 тыс.руб/га больше, чем на варианте A_0 .

Заключение

1. Разработанные технологии орошения кукурузы животноводческими сточными водами в условиях светло-каштановых почв Волго-Донского междуречья позволяют получать планируемую урожайность 75 т/га и более зеленой массы при поддержании предполивного порога влажности не ниже 80% НВ и глубине активного слоя почвы 0,80 м своевременными вегетационными поливами поливной нормой 400 м³/га с применением дождевальная машины BAUER E41 тип 140 адаптированной к поливу животноводческими сточными водами.

Наибольшая эффективность использования природной оросительной воды обладает технология A_1B_3 .

Максимальная утилизация животноводческих сточных вод при дефиците природной воды отмечается при использовании технологий поливов с разбавлением 1:3, а именно технологий A_2B_2 и A_2B_3 .

2. В зависимости от погодных условий года исследования и варианта опыта суммарное водопотребление кукурузы изменяется от 3075...5163 м³/га. На долю оросительной воды приходилось 2400...4400 м³/га (66...94 %), атмосферных осадков 186...1102 м³/га (4...30%), почвенных влагозапасов -89...110 м³/га (2...3%).

3. Значения затрат природной воды и стоков на создание единицы продукции составили: стоков от 4,12 до 12,98 м³/т, природной воды от 34,07 до 52,56 м³/т, а эффективно использованной оросительной воды с учетом потерь на поверхностный сток - от 38,26 до 52,56 м³/т.

4. Полив животноводческими сточными водами с использованием разработанных технологий повышает урожайность на 25% - 31%. При этом наибольшей урожайностью - 79,65 и 80,64 т/га обладают технологии: - чередование одного полива животноводческими сточными водами разбавленными 1:3 с одним поливом природной водой (A_2B_3) и чередование двух поливов животноводческими сточными водами разбавленными 1:3 с одним поливом природной водой (A_2B_2).

Установлено, что при увеличении объема внесения животноводческих сточных вод происходит некоторое увеличение концентрации биогенных элементов в зеленой массе кукурузы (от 268,7 до 336,8 мг/кг), однако их значение находится в допустимых пределах.

Исследование продукции показало, что при орошении животноводческими сточными водами наименьший показатель отношения $K/Ca + Mg$, контролирующей его качество, был получен на варианте A_1B_3 (чередование

одного полива осветленными животноводческими сточными водами с разбавлением природной водой в соотношении 1:4 с одним поливом природной водой) - 1,37 и варианте A_1B_2 (чередование двух поливов осветленными животноводческими сточными водами с разбавлением природной водой в соотношении 1:4 с одним поливом природной водой) - 1,38.

Максимальные значения наблюдались на варианте A_2B_1 (полив осветленными животноводческими сточными водами с разбавлением природной водой в соотношении 1:3) - 1,77.

Анализ результатов исследований указывает на то, что выращенная продукция на всех технологиях орошения животноводческими сточными водами является безопасной для употребления на корм скоту.

5. Агрохимические свойства почвы при орошении животноводческими сточными водами улучшаются (увеличилось содержание азота до 14,9 мг/100г почвы, фосфора до 11,9 мг/100г почвы, калия до 28,4 мг/100г почвы) за счет наличия в них большого количества органических и неорганических соединений, которые положительно влияли на доступность и интенсивность их использования растениями. Установлено, что перед использованием для полива животноводческие стоки необходимо отстаивать в прудах накопителях не менее шести месяцев в теплый период года и не менее восьми месяцев в холодный период года. После этого периода коли-индекс гельминтов уменьшается до 0,5, что делает поливную воду безопасной.

Исследованиями установлено полное отсутствие гельминтов в исследуемых пробах почв, растений и грунтовых вод.

Соблюдение технологий орошения осветленными животноводческими сточными водами и санитарных правил оказывают положительное влияние на плодородие почвы при сохранении качества выращенной продукции, обеспечивают требуемое санитарно-гигиеническое состояние почвы, растений и окружающих агроландшафтов.

6. Биоэнергетически эффективными являются технологии A_2B_2 и A_2B_3 , при которых решаются задачи ресурсосбережения, утилизации большего объема ЖСВ, повышения эффективности использования водных ресурсов и снижения их расхода на формирование единицы урожая, повышения урожайности и экономии минеральных удобрений. На данных технологиях наблюдались соответственно наибольшее содержание энергии в урожае 1147,51 и 1124,88 ГДж/га и наименьшие затраты совокупной энергии 613,64 и 467,06 ГДж/га.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

При выращивании кукурузы на силос в условиях подтипа светло-каштановых почв сельскохозяйственные предприятия, которые в достаточном количестве обеспечены природной водой, но имеют дефицит животноводческих сточных вод, должны использовать технологии поливов, где орошение производится животноводческими сточными водами с разбавлением 1:4 с применением чередования одного полива осветленными животноводческими сточными водами с одним поливом природной водой.

Для тех предприятий, которые имеют в достаточном объеме животноводческие сточные воды, и стоит проблема их утилизации, при дефиците природной воды рекомендуется использование технологий поливов, где орошение производят животноводческими сточными водами с разбавлением 1:3, с применением чередования двух поливов осветленными животноводческими сточными водами с одним поливом природной водой.

ПЕРСПЕКТИВА ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Учитывая неоднозначность воздействия животноводческих сточных вод на водно-физические и агрохимические свойства почвы, на экологическое состояние агроландшафтов, состоит в дальнейшем совершенствовании технологий удобрительно-увлажнительных поливов, разработке почвообрабатывающей и дождевальной техники и орудий, направленных на повышение плодородия почв, восстановление ее основных функций.

Список опубликованных работ:

а) в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Агеенко, О.М. Биоэнергетическая эффективность использования животноводческих сточных вод при выращивании кукурузы/ О.М. Агеенко, С.Я. Семененко// Аграрный научный журнал. 2017 №4 С.42-46

2. Агеенко, О.М. Технология орошения кукурузы животноводческими сточными водами/ О.М. Агеенко// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 1(37). С. 214-217.

3. Семененко, С.Я Влияние орошения животноводческими стоками на урожай зеленой массы кукурузы/ С.Я. Семененко, О.М. Агеенко// Плодородие. 2017. № 1(94). С. 46-48

4. Семененко, С.Я. Водопотребление кукурузы при различных технологиях использования для орошения животноводческих сточных вод/ С.Я. Семененко, О.М. Агеенко// Аграрный научный журнал. 2016. №12 С. 61-63.

б) в других изданиях:

1. Агеенко, О.М. Динамика изменения химического состава животноводческих стоков и оценка их пригодности для орошения/ О.М. Агеенко, С.Я. Семененко//В сборнике: Актуальные вопросы природопользования в аридной зоне Северо-Западного Прикаспия Материалы I международной научно-практической конференции молодых ученых. Научная редакция – В.П. Зволинский. 2012. С. 75-78.

2. Агеенко, О.М. Экологические аспекты использования сточных вод для орошения кукурузы / О.М. Агеенко// Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 31 января – 3 февраля 2017г. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2017. – Том 2. - С.349-355.