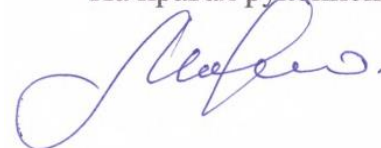


**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кубанский государственный аграрный
университет им. И.Т. Трубилина»**

На правах рукописи



Кузнецова Маргарита Евгеньевна

**УТИЛИЗАЦИЯ ЖИДКОЙ ФРАКЦИИ НАВОЗА КРС
НА АГРОЛАНДШАФТАХ ДОЖДЕВАНИЕМ**

**Специальность 4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство
и агрофизика**

**Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Научный руководитель, д-р техн. наук,
доцент Хаджиди Анна Евгеньевна

Краснодар – 2023

СОДЕРЖАНИЕ

	стр
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ КРС.....	11
1.1 Оценка влияния животноводческих стоков на мелиоративное состояние агроландшафтов.....	11
1.2 Анализ основных технологий переработки и утилизации навоза	15
1.3 Анализ технологических процессов подготовки животноводческих стоков крупного рогатого скота к утилизации на агроландшафтах.....	20
1.4 Анализ использования сточных вод на мелиоративных системах.....	27
ВЫВОДЫ по разделу 1.....	33
2 РАЗРАБОТКА ОПЕРАТОРНОЙ МОДЕЛИ УТИЛИЗАЦИИ ДОЖДЕВАНИЕМ ЖИДКОЙ ФРАКЦИИ ТЕЛЯТ КРС НА ОТКОРМЕ.....	37
2.1 Обоснование проектных решений комплексной ресурсосберегающей круглогодичной технологии утилизации жидкой фракции дождеванием.....	37
2.2 Разработка основных элементов операторной модели.....	39
2.3 Основные проектные решения по управлению операторной моделью на трех подсистемах.....	42
ВЫВОДЫ по разделу 2.....	51
3 МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ.....	52
3.1 Оценка качества воды источника орошения.....	53
3.2 Способ приготовления жидкой фракции навозных стоков.....	55
3.3 Определение параметров жидкой фракции после сепарации.....	57

3.4	Обоснование утилизации жидкой фракции дождеванием на опытном участке.....	60
3.5	Обоснование пригодности утилизации оросительной воды дождеванием.....	63
	ВЫВОДЫ по разделу 3.....	67
4	ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОПЕРАТОРНОЙ МОДЕЛИ.....	68
4.1	Разработка операций подготовки и переработки навозных стоков.....	68
4.2	Обоснование количества биогенных элементов в навозных стоках...	73
4.3	Разработка операции гомогенизации и разделения навоза на фракции.....	76
4.4	Разработка операции биологической очистки жидкой фракции на механических биореакторах.....	79
4.5	Методика расчета технологической операции переработки жидкой фракции в механическом биореакторе.....	82
4.6	Методика гидравлического расчета смешения жидкой фракции.. с природной водой.....	85
	ВЫВОДЫ по разделу 4.....	89
5	УТИЛИЗАЦИЯ ЖИДКОЙ ФРАКЦИИ ДОЖДЕВАНИЕМ В СОСТАВЕ МЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ.....	91
5.1	Разработка режима орошения кукурузы дождеванием.....	91
5.2	Исследование баланса макроэлементов в почве после утилизации дождеванием оросительной воды.....	99
5.3	Исследование баланса макроэлементов в почве после утилизации оросительной воды дождеванием.....	103
5.4	Оценка пригодности оросительной воды для орошения кукурузы дождеванием.....	108
5.5	Экономическая эффективность утилизации жидкой фракции....	112
	ВЫВОДЫ по разделу 5.....	113

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	115
Рекомендации производству.....	116
Перспективы дальнейшей разработки темы.....	116
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	117
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	136

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Отходы животноводства является ценнейшим органическим удобрением почвы. При необоснованном и не умелом обращении с отходами животноводства страдают агроландшафты, загрязняются водные объекты и портится атмосфера. Известно, что отходы и их элементы оказывают негативное влияние на живые организмы, угнетают биосферу, приводят к болезням людей.

В последнее время разрабатываются новые и совершенствуются известные технологии переработки навоза животноводства, но проблема жидких отходов их утилизация остается, в целом, нерешенной. Улучшение водно-физических свойств почв с использованием подготовленных жидких отходов животноводства к утилизации одно из важных направлений в сохранении плодородия агроландшафтов для выращивания сельскохозяйственных культур. Рациональным путем охраны окружающей среды от загрязнения жидкими отходами животноводства – использование их в качестве органических удобрений после подготовки к утилизации на агроландшафтах необходимо выполнять в замкнутом цикле «отходы – переработка – подготовка – утилизация – поле – урожай – отходы». Для реализации задачи утилизации жидких отходов эти сложные процессы необходимо объединить неразрывной операционной технологической линией (моделью) в пределах предприятия.

В работе обоснованы процессы непрерывной переработки навоза телят на откорме крупного рогатого скота (КРС) в жидкую фракцию (жф) органического удобрения, которая с помощью дождевания в вегетационный период утилизируется на полях, не теряет свои ценности при выращивании сельскохозяйственных культур. Использование отходов в качестве органических удобрений для производства продуктов сельского хозяйства имеет не только природоохранное, но и экономическое значение.

Исследования проводились соответствии с планами НИР Кубанского ГАУ по темам № АААА-А16-116022410039-5 на 2016-2020 гг. и № ГР 121032300057-2 на 2021-2025 гг.

Степень разработанности темы. Переработке и утилизации навозных стоков животных уделяется достаточное внимание. При обоснованном внесении стоков на агроландшафты они становятся полезными веществами для сельскохозяйственных растений. В последнее время появляются новые разработки и пути решения в области переработки и утилизации жидких стоков, которые в основе применяют современные машины с высокими технологическими параметрами разделения отходов на фракции. Одно из направлений на повышение плодородия, улучшения мелиоративного состояния почв, как считают ученые Н.Н. Дубенок, И.П. Айдаров, Н.Г. Ковалев, Е.В. Кузнецов, С.М. Григоров, И.С. Белюченко, В.А. Коваленко, А.М. Бондаренко, В.И. Марымов, Г.И. Рабинович, В.Н. Афанасьев, А.А. Кутузова, С.А. Тарасьянц, А.В. Кирейчева, А.Е. Хаджиди и др. является комплексное внесение минеральных и органических удобрений на основе орошения сельскохозяйственных культур. При переработке навоза на животноводческих фермах возможно получать очищенную жидкую фракцию и дозированно в вегетационный период вносить её на поля с оросительной водой дождеванием, где будет реализовываться комплексное применение минеральных и органических удобрений на агроландшафтах.

Цель исследований. Совершенствование подготовки и переработки навозных стоков КРС к утилизации жидкой фракции орошением кукурузы на зерно дождеванием для повышения мелиоративного состояния почв.

Задачи исследований:

- выполнить анализ существующих способов переработки и утилизации навозных стоков крупного рогатого скота;
- разработать операторную модель комплексной ресурсосберегающей круглогодичной технологии утилизации дождеванием жидкой фракции телят КРС на откорме;

- разработать технологические операции непрерывной подготовки и переработки навозных стоков в жидкую фракцию;

- разработать режим орошения кукурузы на зерно и исследовать изменение мелиоративного состояния почвы при утилизации дождеванием оросительной воды ($ОВ = жф + вода\ источника$);

- установить пригодность оросительной воды при поливе дождеванием кукурузы на зерно на агроландшафтах Гулькевичского района Краснодарского края.

Достоверность научных результатов и выводов обеспечивается применением стандартных методов исследований, математической обработкой полученных данных с использованием компьютерных программ, оценкой мелиоративного состояния в последовательной цепочке технологических операций операторной модели и пригодности оросительной воды на агроландшафтах мелиоративной системы при дождевании.

Объект исследования. Операторная модель переработки навоза телят на откорме в жидкую фракцию, мелиоративное состояние почв агроландшафтов при утилизации жидкой фракции дождеванием.

Предмет исследования. Процессы круглогодичного непрерывного приготовления жф к утилизации, режим орошения кукурузы на зерно при утилизации оросительной воды.

Научная новизна работы:

- разработана инновационная операторная модель комплексной ресурсосберегающей круглогодичной технологии с тремя подсистемами утилизации жидкой фракции навоза телят КРС на откорме при безопасном дождевании в вегетационный период сельскохозяйственных культур;

- обоснован комплекс машин и устройств для круглогодичного приготовления жидкой фракции к утилизации, где для разделения стоков на фракции используется шнековый сепаратор, а для накопления жф служат два биореактора;

- разработан режим орошения кукурузы на зерно при утилизации дождеванием и обоснована норма орошения жф, равная 330 м³/га при коэффициенте разбавления ее к природной воде 1:8,7;

- разработан способ повышения мелиоративного состояния агроландшафтов Гулькевичского района, при котором в почве опытного участка содержание гумуса увеличилось на 0,9 %, а общего гумуса на 2 % по сравнению с исходным состоянием.

Теоретическую и практическую значимость исследований составляют:

- новая операторная модель комплексной ресурсосберегающей круглогодичной технологии и способ подготовки навоза КРС к утилизации, повышающие агроресурсный потенциал агроландшафтов и обеспечивающие экологическую безопасность процесса утилизации оросительной воды;

- комплекс машин и устройств, обеспечивающий непрерывную технологическую последовательность операций операторной модели на трёх уровнях подготовки к утилизации жидкой фракции навоза КРС на агроландшафтах;

- режим орошения дождеванием оросительной водой кукурузы на зерно, позволяющий ежегодно экономить природные воды Новокубанского канала объемом 83919 м³;

- комплексная ресурсосберегающая круглогодичная технология, повышающая мелиоративное состояние почв опытного участка путем увеличения содержания гумуса на 0,9 %, общего гумуса на 2 % по сравнению с исходным состоянием и дополнительным поступлением с оросительной водой в почву азота, фосфора и калия - 130 кг/га; 80 кг/га и 90 кг/га соответственно.

Новизна предложенных технических решений подтверждена патентами РФ на изобретение №2774905, №2774082.

Реализации результатов исследований. Результаты диссертационного исследования внедрены в проект мелиоративной системы на площади 2040 га, в том числе: осушение на площади 634 га с оградительной дамбой для защиты

от затопления сельскохозяйственных земель; орошение сельскохозяйственных культур на площади 1406 га, из них орошение очищенными животноводческими стоками на площади 292,7 га в ООО «Союз-Агро» Гулькевичского района Краснодарского края (акт внедрения от 03.07.2022г.). Система и способ непрерывной утилизации жидкой фракции навоза крупного рогатого скота внедрена ООО «Союз-Агро» Гулькевичского района по договорам от 24.02.2023 г. (акты внедрения №1,2 от 24.02.2023г.). Результаты исследований отражены в монографии «Сохранение земельных ресурсов при утилизации очищенных животноводческих стоков». Краснодар: КубГАУ, 2018. – 98 с.

Апробация работы. Основные положения и выводы, результаты работы доложены и обсуждены на международных и всероссийских (национальных) научно-практических конференциях: 17-й Международной научно-практической конференции «Проблемы развития предприятий: теория и практика», г. Самара, 2018 г; II Международной научно-практической конференции «Безопасность и ресурсосбережение в техносфере», г. Краснодар, 2019 г.; II Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений», г. Краснодар, 2020 г.; XIV Международной научно-практической конференция «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса «ИНТЕРАГРО 2021», Ростов-на-Дону, 2021 г.; Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Современные научные исследования в АПК: актуальные вопросы, достижения и инновации», п. Персиановский, 2022 г.

Основные положения, выносимые на защиту:

- операторная модель комплексной ресурсосберегающей круглогодичной технологии утилизации дождеванием жидкой фракции телят КРС на откорме;
- технологические операции непрерывной подготовки и переработки навозных стоков в жидкую фракцию;
- режим орошения оросительной водой кукурузы на зерно,
- мероприятия повышения мелиоративного состояния почвы при утилизации дождеванием оросительной воды;

- результаты экспериментальных исследований пригодности оросительной воды при поливе дождеванием кукурузы на зерно на агроландшафтах Гулькевичского района Краснодарского края.

Диссертационная работа выполнялась на кафедре гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина».

Публикации. По результатам исследований опубликовано 17 научных работ, в том числе 4 статьи в международных базах данных, 5 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 2 патента, 1 монография.

Структура и объём диссертационной работы. Диссертационная работа содержит введение, пять разделов, заключение, рекомендации производству и перспективы дальнейшего развития, список литературы. Работа изложена на 144 страницах компьютерного текста, включает в себя, 16 рисунков, 45 таблиц и 3 приложения. Список литературы состоит из 155 наименований.

1 АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ КРС

1.1 Оценка влияния животноводческих стоков на мелиоративное состояние агроландшафтов

Одним из перспективных путей восстановления мелиоративного комплекса России [49] является восстановление плодородия земель при орошении. Животноводческие комплексы при выращивании животных вырабатывают сотни млн. тонн навоза, который является натуральным органическим удобрением для пахотных земель, при внесении в почву повышает плодородие и мелиоративное состояние агроландшафтов. И только всего около 30 % навоза перерабатывается в жидкие и твердые органические удобрения по современным технологиям, которые обратно возвращается в почву в количестве 2,1 млн. т д. в. [7,10,13, 97,143]. Остальная часть навоза используется не по назначению, утилизируется, загрязняя окружающую среду отравлением воздуха, подземные и поверхностные воды и землю [27, 97]. Для разработки мероприятий охраны земель и водных объектов от деградации требуется разработка современных ресурсосберегающих технологий переработки и круглогодичной утилизации отходов животноводства, которые могут полностью обеспечить экологическую безопасность территорий и водных объектов, сохранить водные запасы, повысить плодородие земель [16-20, 22, 97]. Краснодарский край один из ведущих регионов развития животноводства на юге России. На предприятиях агропромышленного комплекса Кубани образуется около 6,5 млн. т. навоза при численности КРС 539 тыс. голов [21]. Проблема утилизации навоза от сельскохозяйственных животных крайне обостряется из-за устаревших технологий хранения, переработки и утилизации отходов. Скапливается большое количество навоза в лагунах, незащищенных от осадков и грунтовых вод на открытых площадках, вывозится на поля, где накапливаются в буртах

[13, 23, 32, 97]. Большинство малых ферм не оборудованы локальными очистными сооружениями.

Для развития животноводства необходима комплексная система утилизации навоза КРС, которая представляет сложный природно-технический комплекс, являющийся составной частью агроландшафта, обеспечивающей регулирование круговорота воды, вещества, энергии и информации в ее границах [85, 86]. Одним из направлений круглогодичной и непрерывной утилизации навоза КРС является переработка навоза в жидкую фракцию комплексом технологических операций и повышение плодородия земель на мелиоративных системах утилизаций оросительной воды (природная вода + жф) дождеванием [77, 80, 82, 103, 104, 107, 110-112]. Вместе с поливной водой животноводческие стоки, обладая высоким содержанием питательных элементов, утилизируется на полях орошения, сокращая дозы минеральных удобрений, увеличивая органическое вещество в почве.

В.Н. Кудеяров [66], П.А Чекмарев [143], и др. отмечают о негативной обстановке, которая сложилась на пахотных землях. За последние 20 лет объемы применения органических удобрений сократился более чем в 4-7 раз, составляя по стране около 1 т/га посевной площади. Имеются исследования И.С. Беляченко [20], В.Н. Гукалова [43-44], О.А Мельник [94] в Ленинградском районе Краснодарского края, которые указывают на проблему деградация почвенного покрова за счет снижения органического вещества в севооборотах агроландшафтов степной зоны Краснодарского края, которую возможно решать внесением в почву подстилочного навоза, содержащего в среднем органическое вещество – 12,24 %, общий азот – 2,41 % и общий фосфор – 0,45 % и общий калий – 2,45 %. Аналогичная картина наблюдается и в других районах края. При внесении навоза на поля учхоза «Краснодарское» [20], которые содержали органическое вещество 19,4% и макроэлементы в пробах – общий навоз – 1,19%, нитраты – 364,8 мг/кг, фосфор – 4,4%, обменный азот – 0,65%, подвижный фосфор – 119,8 мг/т и обычный калий – 78 мг/100 г урожайность озимой пшеницы составила 0,7-7,1 т/га, что значительно выше, чем по краю на

20-30 %. Однако, при внесении в почву навоза создаётся разрыв в соотношении ила и пыли на поверхности почвы, что свидетельствует о поверхностной плотности, переувлажнении и неблагоприятных водно-физических свойствах почв после внесения навоза на поля, где наблюдается слабая водопроницаемость, глыбистая структура почв [19, 20]. Следовательно, при внесении свежего навоза требуется его подготовка, связанная с определенными технологическими операциями, например, накопление, хранение, обезвоживание и др. [22, 53, 60, 62, 74, 77, 81-83, 88, 93, 109-111].

При накоплении на фермах необходимо оборудовать места хранения навоза, в которых выполняется предварительная подготовка к его переработке. Отсутствие защитных ограждений оказывает негативное влияние на окружающую среду: загрязняются воздух вокруг фермы и грунтовые воды, которые мигрируют, загрязняя водные объекты, которые распространяются в тоще почв. По составу микроэлементов концентрации стоков относятся к потенциальным загрязнителям водной и почвенной среды [21, 25, 26, 44].

В Нечерноземной зоне происходит катастрофическое снижение органического вещества, ухудшение мелиоративного состояния почв, как считают Н.Г. Ковалев, И.Н., Барановский [60, 61] это обосновано низким насыщением почвы органическими удобрениями: 1 га пашни содержит органического удобрения менее 1 т/га, при необходимой дозе 5-6 т/га. Причиной такой ситуации стало снижение поголовья скота и птицы [21]. Н.Г. Ковалев, И.Н. Барановский [61] предлагают утилизировать навоз свиней по примеру ОАО Племзавода «Заволжское», находящегося в Тверской области, где накапливается от 110 тыс. голов свиней 200 м³/с навоза. На этом предприятии используется для разделения свиных стоков сепараторные машины SM-260/50 с выходом твердой фракции 14-17 м³/час концентрацией сухих веществ около 7-8%. В предприятии используются лагуны для приёма жф. Из лагун насосом жф по полиэтиленовым трубопроводам подаётся в бочки и далее на поля. Недостатком этой технологии является то, что жидкий навоз вносится непосредственно из бочек с соответ-

ствующими разбрызгивателями на поверхность почвы. При этом равномерность распределения жидкого слоя по площади участков утилизации не более 50 %. Как ранее указывалось И.С. Белюченко и др. [18] на поверхности почвы образуется пленка из органики, особенно плотная в пониженных местах рельефа, которая препятствует проникновению питательных веществ в пахотный горизонт почвы. При этом «доза» жф, которая должна обеспечивать повышение мелиоративное состояние почвы, забивает её поры. Следовательно, после внесения жф на поверхность агроландшафта требуется дополнительная обработка почвы, которая должна быть своевременной, иначе наблюдается потери питательных веществ, особенно азота [10, 17, 29, 40, 58, 67, 100, 119, 124, 134, 140].

Для сокращения операций по обработке почвы при утилизации жф навоза применяются машины АВВ-Ф-2,8 [25, 129, 141], которые обеспечивают питание подпахотного горизонта почвы органическими удобрениями. Дисковые ножи с питающей трубкой вносят жф на глубину почвы 17-20 см на расстоянии друг от друга 0,7 м. Следом идёт каток, который уплотняет почву, уменьшая её порозность. Уплотнение почвы замедляет фильтрацию почвы, жф рассредоточивается в местах щелей, проделанных от ножа, требуется большие затраты на восстановление плодородия почвы. Подача жф машин АВВ-Ф-2,8 регулируется и находится в диапазоне 40-200 т/га.

Недостатком технологии является завышенные дозы жф, накопление питательных веществ на глубине 15-18 см, а также повышенное рН до 8,2 и высокая влажность тф до 58 %, что не согласуется с ранее представленными доводами академика Н.Г. Ковалева [60, 61] для Нечерноземной зоны. Так в Ростовской области к 2014 г., как считают А.М. Бондаренко, Л.С. Качанова [22], дозы органических удобрений составили 0,2-0,4 т/га, тогда как требуется 10-15 т/га для степной зоны.

Следовательно, одним из основных приоритетов производства органики, является восстановление животноводства до уровня, когда в почву пахотных

земель будет вноситься до 5-7 т/га, и как следствие, создадутся условия получения органических удобрений, вследствие внедрения ресурсных технологий непрерывной переработки и утилизации навоза животных на агроландшафтах.

Для создания современных систем переработки и утилизации органики необходим комплексный подход в системе утилизации навоза КРС, где следует выделить новое направление, которое связано с переработкой навоза на фракции [93, 103, 108]. В системе должно учитываться состав навоза, его физические и химические, реологические и седиментационные свойства, количество используемой на технологические цели воды и др. [3, 11, 48, 80, 104, 130].

1.2 Анализ основных технологий переработки и утилизации навоза

Первые попытки в условиях индустриализации производства продуктов животноводства перетерпела технология бесподстилочного содержания сельскохозяйственных животных, изменились условия накопления и переработки навоза [3, 123]. В результате индустриализации производства образуется большое количество навозных стоков до 700 млн. м³ в год, но при этом только 30 % используется на удобрение [11, 20, 30, 43, 48, 60, 61, 67, 100, 120]. В Краснодарском крае уменьшение поголовья КРС к концу 2019 г. составило 17 %, поголовья свиней – 37 % относительно 2010 г [21]. Общее количество КРС снизилось с 649 тыс. голов до 539 тыс. голов, но при этом поголовье КРС у населения возросло до 55,1 %. Отсюда видно причину загрязнения территорий, водоемов, воздушной среды, т.к. небольшие хозяйства поселений не оборудованы технологиями локальной очистки навозных стоков, а также применяются примитивные и не эффективные технологии утилизации навоза: хранение на открытых площадках и в лагунах, получения биогаза, брикетирования и др. [23, 43, 48, 62, 67, 71, 77, 81, 83, 101-104, 112, 115-117, 120, 135, 138].

Улучшение мелиоративного состояния почв, повышение плодородия агроландшафтов одна из главных задач мелиорации земель, которая тесно свя-

зана с животноводством. Повышение органического вещества зависит от способов подготовки и переработки навоза в органическое удобрение навоза. Одна из причин отсутствие эффективных технологий переработки навоза и эффективных средств внесения органики в почву.

Во второй половине XX века начали создаваться современные животноводческие комплексы по выращиванию молодняка – «Обуховский» в Киевской области, «Коммунарка» в Московской области, «Чапаевский» в Запорожской области, «Вороново» в Московской области, «Лакинский» во Владимирской области и «Животноводческие комплексы» Ленинградской области [25, 97]. Для разделения навоза на фракции ЖК применяются: виброгрохоты ГИЛ-32 и ГИЛ-52, гидрогрохот барабанный ГБН-100, шнековый пресс – 20А и др. оборудование. Эти машины имеют низкий эффект разделения, малую производительность, недостаточную степень фильтрации, обладают высокой энергоемкостью. Данные машины предназначены только для навоза с очень высокой влажностью $\geq 96\%$, только тогда они эффективны и могут быть использованы в системе переработки навозных стоков.

Для ускорения процесса переработки навоза применяются различные биологически активные добавки [60]. В навозе активизируются процессы биотермического обеззараживания навозной смеси, и через 7-10 дней полученное твердое комплексное органическое удобрение (КОУ) готовое к применению. Недостатком технологии её применения в качестве органического удобрения требуются дополнительные затраты на отделения жф, которая занимает объем 60-80 %.

В.Н. Афанасьевым, Д.А. Максимовым и др. [11-12] предлагаются технологии переработки отходов животноводства в зависимости от содержания животных: подстилочная и бесподстилочная системы содержания. Указывают, что существенным моментом является их биологический оборот при производстве продуктов питания на агроландшафтах.

Одними из традиционных технологий утилизации навозных стоков явля-

ется биологическое атмосферное обезвоживание на полях в осенне-зимний период, а ранней весной вносят запашкой в почву. Предварительно навозные стоки накапливают на ферме, а затем вывозят. Другим способом обезвоживания навоза является перемешиванием его с влагоёмкими отходами, а затем процесс повторяется с его вывозом на поля. Данная технология имеет ряд преимуществ перед первой, но наиболее трудоёмкая. Они приемлемы для содержания животных в небольшом количестве.

Для аграрного сектора населения следует рассмотреть альтернативную технологию переработки навоза с разделением навоза на жф тф [67, 73, 77,]. Это ускорит получения дополнительной продукции в виде компоста и биокомпоста, а очищенные стоки от взвешенных веществ применять при поливе кормовых культур [108].

Г.Ю. Рабиновичем, Н.Г. Ковалевым [60, 115] отмечается прогресс в биотехнологической переработке навоза и помета в органическое вещество по ускоренной аэробной биоферментации, где время переработки сырья составляет 7-8 суток при температуре 60-70 °С. Для производства продуктов утилизации навозных стоков применяются биореакторы, следовательно, для получения жф в процессе переработки следует в качестве первой ступени использовать различные прессовые машины [110], а второй аэроёмкости (биореакторы). При внесении жф в почву произойдёт постепенное повышение энергетического потенциала агроландшафтов [68].

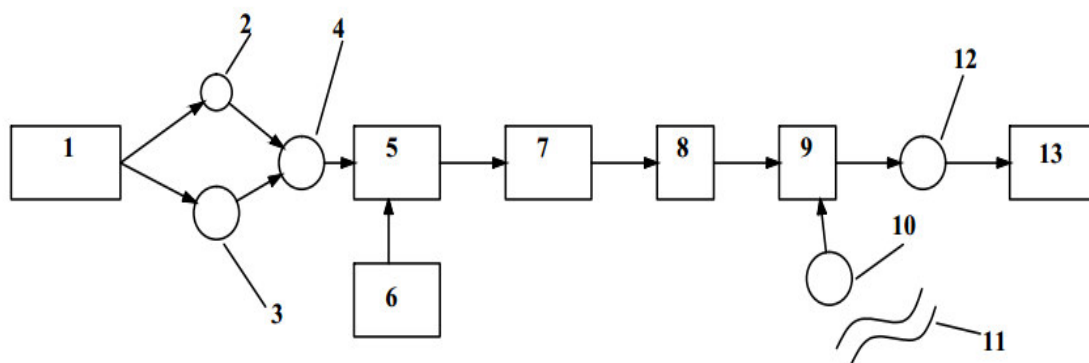
Сохранение энергетического потенциала агроландшафтов является основной задачей будущих урожаев сельскохозяйственных культур, которое необходимо выполнять с помощью органики, с помощью ресурсосберегающих технологий сохранения плодородия почв. Как отмечают ученые И.Н. Кузнецова и др. [80] повышение органики в почве за счет орошения животноводческими стоками сельскохозяйственных культур является природоохранным и ресурсосберегающим мероприятием. При использовании стоков их предварительно надо подготавливать. Использование животноводческих стоков до-

пускается только после предварительной подготовки по отделению длинноволокнистых включений, 6-ти суточного карантинирования и дегельминтации.

Годовые нормы внесения стоков под культуры севооборота не должны превышать нормы, рассчитанные по общему азоту.

Учеными отмечается, что утилизацию жф следует выполнять дальнотрайными насадками ДДН-70, ДДН-100С на тракторах или дождевальными машинами «Фрегат», «Днепр», а также ДКН-80, ДМУ-АСС на сельскохозяйственных полях орошения.

Основные мероприятия по переработке и утилизации животноводческих стоков должны выполняться на оросительных системах стоков животноводческих (ООСЖ), которые приспособлены к транспортировке жф по трубопроводам [101, 102, 103, 104]. Для утилизации жф разработана система ООЖС, где разбавленная жф водой источника поступает на поля орошения, которая представлена на рисунке 1.1.



1 – животноводческий комплекс; 2 – навозоприемник (приемный резервуар); 3 – аварийный резервуар; 4 – промежуточная насосная станция; 5 – цех разделения; 6 – площадка хранения ТФ; 7 – 3-секционный карантинный резервуар; 8 – секционный накопитель; 9 – узел смешивания стоков с водой; 10 – насосная станция; 11 – водный объект; 12 – мелиоративная насосная станция; 13 – поля орошения

Рисунок 1.1 – ООСЖ Схема утилизации, разбавленной жф

Недостатком данной линии являются дополнительные технологические операции, связанные с площадками хранения навоза (6), многосекционный накопитель (8), а, следовательно, и дополнительные энергозатраты. Для разделения навоза на фракции рекомендуется применять устаревшие горизонтальные и вертикальные отстойники конструкции КТИСМ, барабанные виброгрохоты ГБН-100, ГИЛ-32, фильтры-прессы ПЖН-68, ПЖН-68А и др., а для утилизации жф использовать энергоёмкие дождевальные машины ТКУ100Д, «Кубань-ЛК1с, ДД-70ВН, ДДК-30 и др. Взамен устаревшей техники необходимо применять шнековые сепараторы [93], которые обеспечивают при одинаковых затратах мощности более качественную очистку полидисперсной системы жф от взвешенных, которую в последствии можно утилизировать современными дождевальными машинами (отечественных производителей, а также зарубежных – Линдсей, Вaley и др.).

При утилизации жф у ученых нет единого мнения. Так В.В. Марымов [90, 91] считает, что – степень разведения точно определяет объемы животноводческих стоков при их допустимом содержании и добавленной чистой воде. В.Ф. Валько, Ю.А. Штомпель [27], описывая черноземные земли, указывают на осторожное обращение со степенью разведения в южной части края, где повышенный фон температур, ведущий к повышенному испарению поливной зоны, что может привести к повышенному содержанию концентрации питательных веществ, особенно азота. В.Г. Додолина [49] в опытах на темно-каштановых почвах при выращивании кукурузы наилучшие результаты были получены при степени разбавления 1:10. При использовании сточных вод при орошении [55] под ред. Ю.Г. Бескровного указывается, что систематическое орошение кукурузы на черноземных тяжелосуглинистых почвах юга Украины возможно лишь в условиях разбавленных стоков 1:10, а при содержании азота >200 мг/л возможна гибель растений от ожога. Однако, следует иметь в виду, что все рассмотренные средства внесения жф не отвечают мировому прогрессу, т.к. используют устаревшие технологии утилизации животноводческих стоков и не учитывают пригодность оросительной воды для орошения

[60, 67]. Анализ процессов переработки и утилизации навоза КРС показывает, что практически не имеется технологий разделения навоза фракции – жф и тф, в независимости от содержания животных.

1.3 Анализ технологических процессов подготовки животноводческих стоков крупного рогатого скота к утилизации на агроландшафтах

Выполнен анализ общих технологических схемы переработки и утилизации навоза животноводческих комплексов. Имеется способ утилизации навоза в ОПХ ВИЖ «Щапово», который можно считать более совершенным за счет удаления навоза самосплавом. ЖК разработан совместно с Гипронисельхоз и Ландбаупроектотом (Германия) и построен на 2 тыс. коров, где применяются 2 технологии переработки навоза [90, 91].

Технология 1. По данной технологии жидкая фракция навоза из накопительных цистерн разбрызгивается круглый год по полям. Применение мобильного транспорта для вывоза жидкого навоза имеет положительные стороны – небольшие капитальные вложения, возможность вывоза жидкого навоза на поля небольшими порциями при любой конфигурации, менее строгие требования к предварительной подготовке жф, при этом не выполняются санитарно-гигиенические требования, а также неравномерно распределяется жф по поверхности почвы. Отрицательные стороны: небольшой радиус транспортирования, наличие густой сети дорог с твердым покрытием, тяжелые условия работы в осенне-зимне-весенний период, небольшие дозы внесения жф, зависимость эффекта использования от погодных условий, разбрасывающее устройство часто засоряется, так как удаление крупных включений на комплексе не проводится.

Для этой технологии применяется комплекс машин оборудования:

- проточный ж/б канал для подачи жф к навозоприемнику;

- капсульная НС шахтного типа с 2-мя насосами КГСН – 80/325 производительностью 100 м³/час;
- промежуточный приемник емкостью 120 м³;
- НС 2-го подъема с 3-мя насосами КРД 200/400 подачей 400 м³/час;
- центробежный насос КРСН 80/325 подачи жидкого навоза в хранилище или непосредственно в мобильный транспорт.

Устраивается 2 навозохранилища – из железобетона диаметром 33 м, высотой 8 м, емкостью каждого – 5000 м³, где выполняется гомогенизация жидкого навоза. Суммарная емкость хранилища рассчитана на прием навоза в течение 156 дней при суточном выходе жидкого навоза 126 м³.

Вывоз жидкого навоза из хранилищ предусмотрен цистернами типа НТС 110.27 (производство Германия) емкостью 10 м³, которые агрегируются с трактором.

Технология 2. Для подачи жф на поля используется металлический разборный трубопровод РТ-180 с максимальной длиной 3 км. Жидкий навоз подается насосом КРД 200/460. Для подачи жидкого навоза на поля использовали дальнеструйную дождевальную установку ДДН-70.

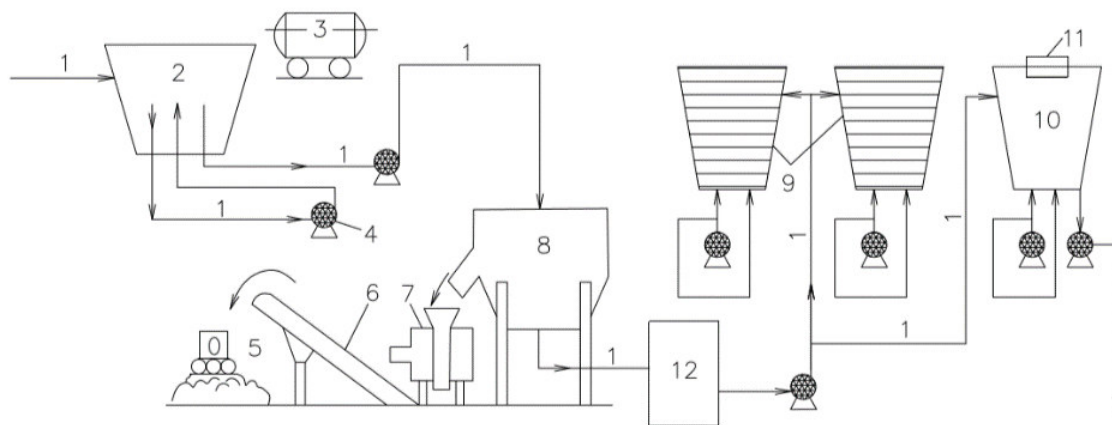
Недостатки. Наличие в жф длинноволокнистых включений в неподготовленном стоке забивает рабочее колесо насоса дождевальной установки, а также неравномерность утилизации дождеванием.

Имеется технология подачи ЖФ по трубопроводам [80] в борозды. После заполнения выводной борозды с жф трактором с плугом начинается вспашка. При последующем проходе вспашки заполненную жидким навозом плужная борозда засыпают почвой. Расход в плужную борозду определяется из расчета размера борозды – 20-30 л/с при поливных нормах 600-900 м³/га.

Технология внесения жф поливом и заделка в почву снижает потери аммиачного навоза до 70-75 %, отпадает необходимость в дезодоризации, гарантируется охрана поверхностных водоемов. Однако имеются серьезные недостатки, которые требуют ручного труда по перекладке поливной сети, внесе-

ние жф можно проводить только зимой или поздней осенью во вневегетационный период, требуется время на процессы денитрификации жф, нарушается охрана подземных и поверхностных вод от загрязнений [113].

К более современным технологиям удаления и переработки навоза следует отнести способ подготовки к утилизации навоза на ЖК «Лакинский» Владимирской области [25], схема которой представлена на рисунке 1.2.



1 – трубопроводы; 2 – карантинный резервуар; 3 – резервуар для формалина; 4 – насос; 5 – площадка для твердой фракции; 6 – транспортер ТВН-40; 7 – пресс Т1-ВПО-20А; 8 – виброгрохот; 9 – навозохранилища; 10 – резервуар для дезодорации; 11 – рототурбина БКБ-2400 (производства ГДР); 12 – промежуточная емкость

Рисунок 1.2 – Технологическая схема удаления и обработки навоза на животноводческом комплексе «Лакинский»

Комплекс предназначен для откорма 18000 голов молодняка КРС. Содержание животных бесподстилочное на щелевых полах. Стоки из помещения удаляются самотечно-сплавным методом. Из помещений стоки попадают в карантинные жидкости, где выдерживаются для определения их санитарного состояния, а затем направляются в цех разделения на фракции.

Разделение осуществляется с помощью виброгрохота ГБН-100. Твердая фракция дополнительно отжимается винтовым прессом ВПО-20А. Жидкая фракция насыщается кислородом в аэротенках и поступает в навозонакопители, где хранится в течение 6 месяцев и периодически перемешивается, насыщаясь кислородом с помощью рототурбин ВКВ-2400. Из трех прифермерских

накопителей вместимостью 40000 м³ каждый, стоки подаются насосной станцией, оборудованной фекальными насосами ФГ 144/46, в резервуар узла смешивания, а затем на орошение. Узел смешивания стоков с водой выполнен во всасывающем трубопроводе насосной станции, когда стоки поступают самотеком из емкости вместимостью 800 м³, а расход их регулируется степенью открытия электрифицированных задвижек. Степень разбавления стоков колеблется в пределах 1:5 – 1:10.

Для утилизации жф на животноводческом комплексе «Лакинский» применяется оросительная сеть. Жф из накопителя вместимостью 9000 м³, в который вода подается насосной станцией из пруда. Насосная станция имеет 5 насосов ФГ 540/95-2 используется для подачи, разбавленной жф с содержанием сухого вещества 4 % и размером частиц более 10 мм в тупиковую оросительную сеть. Оросительная сеть стационарная, закрытая тупиковая. Распределительные и участковые трубопроводы смонтированы из стальных труб – начальные участки из железобетонных со стальными сердечниками и асбестоцементных труб с диаметрами 250–800 мм. Утилизация жф выполняется колесным трубопроводом ДКН-80, которая специально предназначена для орошения животноводческими стоками.

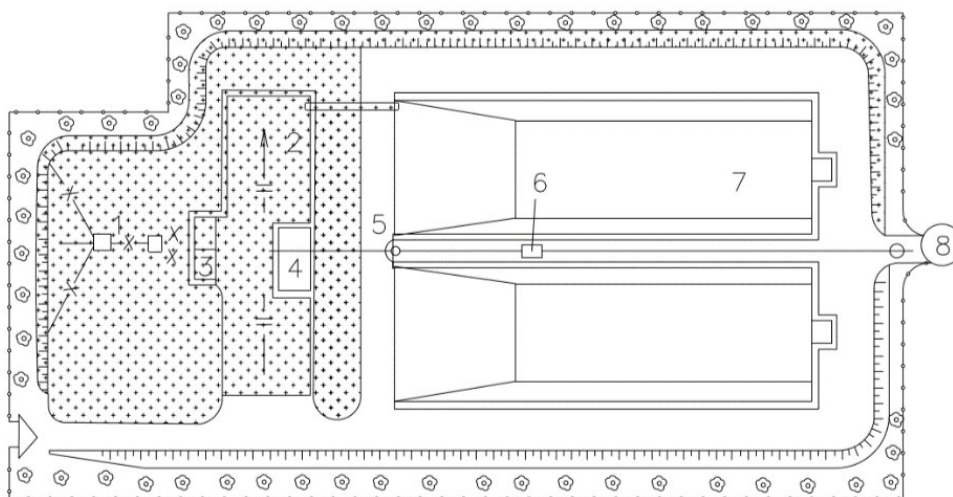
Недостатками данной технологии являются разделение навоза с помощью виброгрохотов, где твёрдая фракция (тф) дополнительно отжимается винтовым прессом. Для хранения жф используются аэротенки. Требуется значительные затраты электроэнергии на технологические процессы. Для чистой воды применяются пруды, что сокращает полезную площадь ЖК. Утилизация жф выполняется ДКН-80, которая не обеспечивает требуемую равномерность полива сельскохозяйственных культур, а, следовательно, и равномерное внесение в почву питательных веществ.

Для утилизации жф на орошаемых полях ДКН-80 на животноводческом комплексе «Лакинский» разработан травопольный севооборот: кукуруза на силос; однолетние травы + подпокровные многолетние травы; озимая рожь на

зеленый корм + посев однолетних трав; однолетние травы + подпокровные многолетние травы.

На ЖК «Воронцово» Московской области разработана технология подготовки к утилизации навоза, представленная на рисунке 1.3. [13]. Комплекс относится к типу откормочных на 10000 голов молодняка КРС. Содержание животных бесподстилочное на щелевых полах. Для удаления экскрементов животных из помещений приняты 2 системы: гидросмыв и самосплав.

Гидросмыв экскрементов осуществляется артезианской водой в навозные лотки и далее в подземные навозоприемники. При самосплаве жидкий навоз через щелевые полы собирается в бетонные подземные навозоприемники, из которых часть навоза вывозится с помощью цистерны – жиже разбрасыватели РЖТ-8 на поля под вспашку, а другая – подается насосами по трубопроводу в приемный резервуар вместимостью 400 м³, находящийся возле цеха разделения на фракции [13].



1 – сборный колодец; 2 – площадка для твердой фракции; 3 – навозоприемник; 4 – цех разделения; 5 – смотровой колодец; 6 – подающий колодец; 7 – навозохранилище; 8 – станция перекачки

Рисунок 1.3 – Схема сооружений при обезвоживании навоза механическим методом

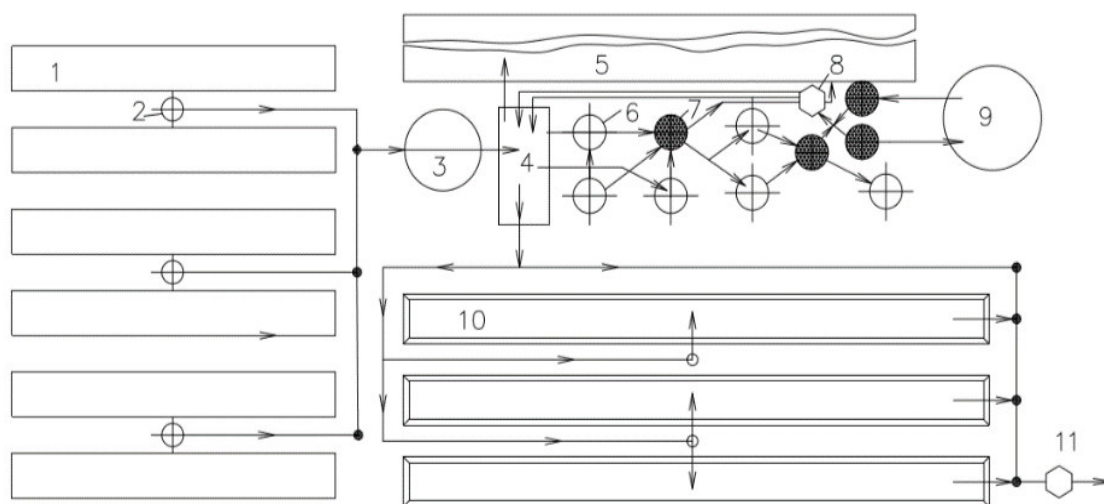
Из навозоприемников навоз можно перекачивать непосредственно в прифермерское навозохранилище, минуя цех разделения. Жидкий навоз, подава-

емый в цех разделения, проходит обработку на виброгрохотах ГИЛ-32 и прессах ВПО-20А. После разделения твердую фракцию складывают на бетонные площадки в бурты, где выдерживают до 8 месяцев для биотермического обеззараживания. Жидкая фракция поступает поочередно в четыре прифермерских накопителя общей вместимостью 48 тыс. м³. В накопителях также происходит обеззараживание, осаждение взвешенных веществ и окисление атмосферным воздухом. Накопители выполнены с усиленной гидроизоляцией. Годовой объем жф с откормочного комплекса составляет до 360 тыс. м³, содержание общего азота в нем – до 690 т и фосфора – до 160 т [25].

Утилизация жф выполняется на оросительной системе с полевыми накопителями емкостью 56 тыс. м³ с надежной гидроизоляцией по рассредоточенной схеме, когда стоки из прифермерских накопителей по стационарным подземным трубопроводом подаются в сеть полевых накопителей. Рядом с полевыми накопителями стоков имеются резервуары или источники воды. Смешивание стоков с водой предусмотрено во всасывающей линии насосных станций. Для подачи жф в оросительную сеть применяют стационарные и передвижные: СНП-75/100 и СНП-50/80 [25, 80, 92, 101]. Опыт эксплуатации передвижных насосных станций показывает, что для подачи стоков целесообразно применять СНП-75/100, а станция СНП-50/80 работает ненадежно из-за быстрого износа сальниковых уплотнений.

К недостаткам утилизации жф можно отнести низкий КПД оросительной системы (ОС) из-за рассредоточенного размещения накопительных стационарных ёмкостей, неравномерность внесения жф на поля орошения и дополнительная перекачка жф на полях ОС, высокая энергоёмкость.

Имеется ЖК «Коммунарка» Московской области. Комплекс предназначен по производству молока и рассчитан на 2 тыс. коров, построенный по технологии фирмы «Альфа-Лаваль» (Швеция) [25]. Способ подготовки к утилизации навоза на ЖК «Коммунарка» представлен на рисунке 1.4.



1 – коровники; 2 – навозосборники; 3 – смеситель; 4 – цех разделения с насосами для перекачки очищенной жидкой фракции в лагуны; 5 – площадка для твердой фракции; 6 – аэротенки; 7 – отстойники; 8 – резервуар с насосами для перекачки осадков на центрифугу и очищенной жидкой фракции; 9 – аэрируемый бассейн; 10 – лагуны; 11 – станция перекачки очищенных стоков в систему орошения

Рисунок 1.4 – Схема удаления и обработки навоза на ЖК «Коммунарка»

Вместимость смесителя в 2 раза превышает максимальные расчетные суточные объемы стоков, что обеспечивает бесперебойность технологического процесса. В смесителе жидкий навоз тщательно перемешивается при помощи насоса «Химек», а затем подвергается измельчению специальной роторной установкой. Гомогенизированный и измельченный навоз насосом «Моно» перекачивают в цех 4 на центрифугу для разделения на фракции. В цехе установлены три центрифуги: две – для разделения свежего навоза и одна – для избыточного активного ила (осадка). Все три центрифуги горизонтальные.

Обезвоживающая способность центрифуг по сухому веществу составляет 60-70 %. В центрифуге жидкий навоз разделяется на твердую фракцию (с содержанием с. в. от 25 до 30 %) и жф. Тф ленточным конвейером транспортируется на площадку для компостирования. Жф самотеком направляется в промежуточную емкость и откуда перекачивается на первую ступень биологической очистки, включающую три аэротенка «Ликом». В каждом из них установлено по четыре аэратора, которые смонтированы на поплавках, позволяющих автоматически менять положение в зависимости от уровня жидкости.

Жидкая фракция после первой ступени биологической очистки проходит вторую и третью ступени, а затем поступает в аэрируемый бассейн 9, где поддерживается температура 18-25 °С. Из бассейна очищенную жф через отстойник насосами перекачивают в лагуны 10 для временного хранения, а затем, по мере необходимости, подают в оросительную сеть. Образование осадка на дне лагун в процессе хранения очищенной жф не наблюдается.

Фугат самотеком поступает в промежуточную емкость, откуда его перекачивают в аэрируемый бассейн или в аэротенки первой ступени для инокуляции; твердая фракция направляется на площадку для биотермического обеззараживания.

Содержание удобрительных веществ от сухого вещества в жидкой фракции, идущей на орошение, составляет: азота общего ($N_{\text{общ}}$) – 5, фосфора (P_2O_5) – 3 и калия (K_2O) – 5 %. Потери азота в процессе обработки – до 25 % и в твердой фракции в процессе двухмесячного хранения 5...10 % [25].

Недостатком подготовки жф к утилизации можно отнести навозосборники, которые в 2 раза превышают максимальные расчетные суточные объемы стоков, расположенные между коровниками, применение нескольких центрифуг, несколько ступеней очистки и лагуны для временного хранения жф и высокую энергоемкость.

1.4 Анализ использования сточных вод на мелиоративных системах

В мировом пространстве растет потребление чистой питьевой воды рек, озер, подземных вод и других источников. Растущее население требует все больше ресурсов, которые расходуются и как, правило, не возобновляются. К таким ресурсам относятся земельные и водные ресурсы. Земельные ресурсы теряют плодородие почв, водные ресурсы истощаются и деградируют.

Разведение животных (крупного рогатого скота) для покрытия потребности населения в продуктах питания, требует изъятия территорий и дополни-

тельного потребления природной воды. В результате образуются отходы производства в виде навоза, который является «уникальным сырьём» для дальнейшей переработки. Как было отмечено ранее навоз можно перерабатывать и получать органические удобрения в виде тф и жф. При содержании КРС от 10 тыс. до 20 тыс. голов образуется от 200 до 300 тыс. м³ навоза, что возможно при соответствующей их очистки применять на мелиоративной системе для орошения сельскохозяйственных культур на площади 300-1000 га.

Однако, технологии переработки и утилизации навоза КРС нуждаются в совершенствовании и модернизации:

- сокращение применения дополнительных (промежуточных) ёмкостей;
- разделение навоза на фракции – тф и жф;
- тф перерабатывать в компост и далее биогумус, повышая эффективность технологии и снижая себестоимость получения тф;
- жф перерабатывать в полидисперсную систему для получения жидких удобрений, которые возможно вносить на поля и выращивать сельскохозяйственные культуры дождеванием с помощью современных мобильных установок;
- разработка ресурсосберегающих технологий, позволяющих непрерывно перерабатывать и круглогодично утилизировать навоз КРС.

Для ответа на данный вопрос необходимо разрабатывать более совершенные технологии переработки и утилизации животноводческих стоков на мелиоративных системах.

Имеется опыт ВНПО «Прогресс» [25, 101] по утилизации жф навоза КРС на мелиоративной системе для кормового севооборота (таблица 1.1).

Опыт показывает (таблица 1.1), что при орошении жф достигается высокая урожайность культур кормового севооборота. Урожайность кормой свеклы составляет 60 т/га, а урожайность многолетних трав – 40 т/га. Следовательно, в составе жф имеется высокое содержание биогенных элементов.

Таблица 1.1 – Состав кормового севооборота и объем жф навоза, вносимых под культуры (по данным ВНПО «Прогресс»)

№ п/п	Культуры севооборота	Площадь, га	Урожайность, т/га	Объем стоков	
				м ³ /га	на участок, тыс. м ³
1	многолетние травы	160	40	200	32,0
2	свекла кормовая	40	60	500	20,0
3	многолетние травы	145	40	230	33,4
4	долголетние культурные пастбища	170	40	250	42,5
5	многолетние травы	183	40	250	45,2
6	долголетние культурные пастбища	74	40	250	18,5
7	долголетние культурные пастбища	91	40	250	20,0

ООСЖ проектируется из асбоцементных труб ВТ-9 И ВТ-12 для условий эксплуатации дождевальных машин ДДН-70 и ДКШ-64 «Волжанка» [55]. Следует заметить, что срок эксплуатации оросительной сеть составил не более 12 лет [25]. Дальнеструйная машина ДДН-70 надежно работает при поливе с использованием жф, но не обеспечивает санитарно-гигиенические условия для операторов-поливальщиков. Колесные трубопроводы ДКШ-64 периодически забиваются стоками [25]. Поливная норма находится в диапазоне 200-500 м³/га.

Для условий ЖК «Вороново» [25] и принятого кормового севооборота поливная норма жф составляет 80–100 м³/га при дозах 100–120 кг/га азота. В период вегетации культур проводится 3–4 полива оросительной водой. Жидкая фракция КРС [15] в качестве органических удобрений используются ОАО «Агрофирма Мценская» Орловской области на мелиоративной системе 2300 га для выращивания кормовых культур, где применяется «полив при вспашке». Содержание азота в пробах в среднем составляет около 0,217 %, в том числе: аммиачного азота — 0,006 %, фосфора — 0,69 % и калия — 2,42 %.

Следует отметить, что химический состав жидкой фракции характеризуется нестабильным составом по содержанию органических и взвешенных веществ [10]. В таблице 1.3 приводится химический навоза.

Таблица 1.2 – Химический, санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический состав жф («Центр гигиены и эпидемиологии», г. Мценск)

Наименование ингредиента	Ед.изм.	Наименование вида стоков				
		Жидкая фракция навоза				
		16.07	24.09	17.07	25.09	Ср.
ph	-	7,8	7,4	7,0	7,0	7,3
Взвешенные вещества	мг/дм ³	11418,9	2687,5	-	-	7053,2
Сухой остаток	-	4919,5	17491,5	-	-	11205,5
Азот аммиачный	-	129,97	645,4	112,0	125,0	253,1
Нитраты	-	166,6	123,4	-	-	146,0
Нитриты	-	7,13	4,3	-	-	5,72
Калий общ.	-			437,0	1000,0	778,5
Кальций	-	446,09	1252,5	-	-	849,3
Магний	-	200,86	455,6	-	-	328,23
Щелочность	моль/дм ³	38,5	175,0	-	-	106,75
Фосфор общ.	-	-	-	103,0	1400,0	757,50
Хлориды	-	232,3	1300,00	-	-	766,15
Сульфаты	-	1648,27	3718,0	-	-	2683,14
Азот общий	мг/дм ³			2500,0	300,0	1400,0
Патогенные энтеробактерии	В 3000 мл	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.
Яйца гельминтов	-	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.
Калий +	мг/дм ³	408,5	2590,2	-	-	1500,2

Как видно из результатов анализов навоз включает большое количество биогенных веществ: азот, который содержится в различных форма; калий; фосфор и др. элементы, не превышающие предельно допустимые концентрации. Соотношение NPK = 1,85: 1,0:1,03 указывает на несбалансированность

питательных веществ в стоках, используемых для удобрения сельскохозяйственных культур. При данном соотношении в балансе макроэлементов не хватает калия, но в избытке содержится азот.

Несбалансированность рекомендуется исправлять внесением минеральных удобрений. Из практики известно, что достаточно нормальным соотношением НРК является 1,4 :1,0: 1,6. Следовательно, для корректировки жф необходимо в данном случае увеличить калий, за счет внесения калийных удобрений в почву. В данном случае по химическому составу навозные стоки КРС соответствуют требованиям ГОСТ 10-119-96 «Удобрения органические». Химический анализ показывает отсутствие в жф патогенных энтеробактерий и яиц гельминтов (таблица 1.3).

Опыт показывает, что ООСЖ [103, 141] можно использовать, как системы орошения на агроландшафтах с низким плодородием почв, где наблюдается дефицит органики, для восстановления мелиоративного состояния агроландшафтов обладающих низким потенциалом потребительских свойств.

При подборе сельскохозяйственных культур для орошения на ООСЖ руководствуются: высоким водопотреблением и выносом биогенных веществ с урожаем для обеспечения высокой степени очистки и доочистки животноводческих стоков; способностью обеспечивать стабильный высокий урожай биомассы; возможностью применения максимальной механизации работ по уходу и уборке урожая. Мелиоративные системы с применением подготовленных животноводческих стоков и аналогичных по удобрительным свойствам сточных вод следует устраивать с круглогодичным приемом стоков в накопители и использованием на удобрение и орошение в вегетационный период.

Расчёт годовых норм внесения животноводческих стоков $m_{жф}$ ведется по трем главным питательным элементам – азоту, фосфору, калию. За расчётную годовую средневзвешенную по севообороту норму внесения животноводческих стоков принимается одна из трех расчетных. Годовая норма внесения животноводческих стоков $M_{жф}$ рассчитывается по формуле:

$$M_c = 10^3 B \cdot K_v K_n / NPK, \quad (1.1)$$

где 10^3 – коэффициент приведения к единой размерности, B – вынос NPK урожаем сельскохозяйственных культур, кг/га; K_v – коэффициент возмещения выноса NPK из почвы, который учитывает величину использования NPK животноводческих стоков в условиях почв различного механического состава; K_n – коэффициент, учитывающий потери азота в аммиачной форме: при поливе дождеванием – 0,85; NPK – содержание NPK в животноводческих стоках, мг/л.

Вынос NPK урожаем (B) определяется произведением величины планового урожая и выноса NPK . Годовую $M_{жф}$ расчетную норму следует принимать из химических анализов проб NPK на выходе из конечных резервуаров, например, из механических биореакторов (таблица 1,4).

В таблице 1.3 даётся химическая характеристика жф и оросительной воды по этапам технологических операций для орошения сельскохозяйственных культур.

Таблица 1.3 – Характеристика очищенной жф комплекса «Владимирский»

Показатели	Ед. имз.	Место отбора проб		
		Прифермерские накопители	Резервуар узла смешения	Дождевальная машина
pH		7,2	7,4	7,6
W	%	98,6	99,4	99,7
HCO ₃ ⁻	мг/л	3670	1622	600
Cl ⁻	–	428	288	184
SO ₄ ²⁻	–	58	34	8
Ca ²⁺	–	326	120	67
Mg ²⁺	–	131	106	69
Na ⁺	–	147	138	18
NO ₃ ⁻	–	следы	следы	следы
N _{общ}	%	0,036	0,045	0,021
N _{аммиач}	%	0,028	0,013	0,008
P ₂ O ₅	%	0,017	0,015	0,013
K ₂ O	%	0,08	0,05	0,030
Содержание частиц размером, %				
1,0–0,5 мм		1,2	0,2	4,31
0,5–0,25 мм		3,7	0,6	5,11
<0,25 мм		95,1	99,2	90,58

В результате технологического процесса переработки навоза (таблица 1.4) обеспечивается получение очищенной жф в виде полидисперсной системы. К негативным моментам технологии переработки навоза следует отнести снижение макроэлементов и кальция.

Для внесения жф в почву её необходимо разбавлять, вносить вместе с водой источника орошения малой интенсивностью дождя, которую необходимо устанавливать для данного типа почв, на которой производится утилизация жф. Для равномерного увлажнения почв с низкой интенсивностью дождя рекомендуется использовать современные ДМ.

Сточные воды КРС применяемо на мелиоративной системе, нуждаются в очистке в зависимости от химического состава. Химический состав сточных является определяющим для выбора схемы очистки, состава операций, от которых зависит их применения [10, 21, 25, 33, 143].

Для использования сточных вод КРС на мелиоративной системе необходимо освободиться от токсичных и радиоактивных веществ, превратить жф в полидисперсную систему, состоящую из двух компонентов: воды и твердую фракцию, предварительно очищенные воды подвергнуть окислению с помощью искусственной биологической очистки, предусмотреть усреднение для снижения концентрации биогенных элементов. В качестве примера приводится переработка и подготовка жф к утилизации на ЖК «Владимирский» [25], которую с помощью насосной станции возможно отправлять на утилизацию. Но здесь остаётся нерешённым главный вопрос о технологических процессах подготовки и переработки к безопасной утилизации орошения жф дождеванием на агроландшафтах при выращивании сельскохозяйственных культур.

ВЫВОДЫ по разделу 1

Решение проблемы утилизации жф навозных стоков дождеванием крупно рогатого скота позволяет повысить содержание органического вещества и улучшить мелиоративное состояние почв, обеспечить эффективность исполь-

зования орошаемых земель и экономии природной воды источников орошения. Поэтому данное направление следует продолжить, т.к. не решен ряд задач, которые могут модернизировать и создать новые ресурсные сберегающие технологии для повышения плодородия земель:

- на агроландшафтах России происходит катастрофическое падение плодородия пахотных земель, содержание органического вещества в почвах снижается, отмечается повсеместное падение гумуса в почвах. Так в Краснодарском крае гумус в черноземных почвах снизился с 7-8 % до 4-5 %;

- уменьшение органического вещества в почвах неразрывно связано со снижением поголовья животных и птицы. Так в Краснодарском крае и Ростовской области наблюдается значительное снижение поголовья КРС. Дозы внесения органических удобрений от животных не превышают 1 т/га, при необходимой дозе 5-7 т/га для Нечерноземья и 10-15 т/га для южных регионов России;

- технологические процессы не обеспечивают необходимой эффективности переработки и утилизации отходов животноводства. Технологии животноводческих комплексов используют морально устаревшие машины для переработки навоза: сита, грохоты сепараторы и др., которые были актуальны в середине и конце 20 века;

- получают развитие новые ресурсные технологии, которые применяются для утилизации отходов животноводства разделением навоза на фракции: жидкую и твердую. Однако, для утилизации жидкой фракции применяются устаревшие средства утилизации, имеющие низкую производительность, не обеспечивают должного качества и равномерность полива;

- одним из основных процессов утилизации – разработка режима орошения оросительной водой современными дождевальными машинами на агроландшафтах значительно удалённых от животноводческих комплексов, где жидкую фракцию можно вносить равномерно на поля с низкой интенсивностью дождя в почву;

- отсутствие достаточных исследований по разбавлению объемов жф природной водой источников орошения оказывает негативное влияние на экономию «оросительной воды» при выращивании культур севооборота;

- не установлена пригодность «оросительной воды» при утилизации дождеванием культур на черноземных почвах мелиоративных системах в Краснодарском крае;

Изучив состояние вопроса по непрерывной переработке и круглогодичной утилизации навоза на мелиоративных системах, сформулированы научная проблема и рабочая гипотеза, поставлены цель и задачи исследований.

Научная проблема. Потери органического вещества и элементов питания в почвах агроландшафтов носит прогрессивный характер, что ведет к деградации пахотных земель. Создание ресурсной технологии на ЖК по непрерывной переработке навоза и круглогодичной утилизации жф дождеванием обеспечивается на замкнутой системе: КРС – навоз – переработка – утилизация – мелиоративная система – урожай – КРС. Одним из мероприятий охраны земель от потери плодородия является утилизация жф дождеванием на мелиоративных системах, которое обеспечит восполнение элементов питания органического происхождения и улучшение мелиоративного состояния агроландшафтов для получения гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур.

Рабочая гипотеза. Разработка операторной модели непрерывной переработки навоза КРС в жидкую фракцию, обладающую высоким содержанием макроэлементов, позволит утилизировать подготовленные очищенные животноводческие стоки дождеванием для повышения мелиоративного состояния почв и безопасного орошения сельскохозяйственных культур на агроландшафтах.

Цель исследований. Совершенствование подготовки и переработки навозных стоков КРС к утилизации жидкой фракции орошением кукурузы на зерно дождеванием для повышения мелиоративного состояния почв.

Задачи исследований:

- выполнить анализ существующих способов переработки и утилизации навозных стоков крупного рогатого скота;
- разработать операторную модель комплексной ресурсосберегающей круглогодичной технологии утилизации дождеванием жидкой фракции телят КРС на откорме;
- разработать технологические операции непрерывной подготовки и переработки навозных стоков в жидкую фракцию;
- разработать режим орошения кукурузы на зерно и исследовать изменение мелиоративного состояния почвы при утилизации дождеванием оросительной воды (ОВ = жф + вода источника);
- установить пригодность оросительной воды при поливе дождеванием кукурузы на зерно на агроландшафтах Гулькевичского района Краснодарского края.

2 РАЗРАБОТКА ОПЕРАТОРНОЙ МОДЕЛИ УТИЛИЗАЦИИ ДОЖДЕВАНИЕМ ЖИДКОЙ ФРАКЦИИ ТЕЛЯТ КРС НА ОТКОРМЕ

2.1 Обоснование проектных решений комплексной ресурсосберегающей круглогодичной технологии утилизации жидкой фракции дождеванием

Из отходов животноводческих стоков необходимо получать продукт, который можно использовать для удовлетворения потребности почвы в органических удобрениях. Поэтому необходимо разрабатывать комплексные схемы утилизации отходов животноводства, которые должны быть эффективны, повышающие плодородие почв при минимальных затратах, окупающиеся в виде прибавочной стоимости урожая сельскохозяйственных культур.

Одним из решений по утилизации отходов КРС должно идти по пути утилизации жидкой фракции навоза на полях орошения дождеванием, при котором создаются условия по управлению подачи жидких отходов на поля в период выращивания культур, а сами отходы накапливать круглогодично и равномерно в течение года готовить в биореакторах.

Животноводческие комплексы (ЖК) надо рассматривать как элемент природообустройства, направленный на получение животноводческой продукции при непрерывном повышении ее качества, обеспечивающий круглогодичную и полную утилизацию отходов на полях при безопасном орошении дождеванием. При данном подходе ЖК, как отмечалось выше, могут выступать как предприятия с полным круглогодичным замкнутым циклом: продукция животноводства → переработка и утилизация отходов дождеванием на мелиоративной системе → урожай → продукция животноводства, а также обеспечивать условия выполнения комплекса мероприятий по охране земель от деградации и защите поверхностных и подземных вод от загрязнений от навоза, который образуется в ЖК от разведения КРС.

Методологическим системным подходом является разработка операторной модели, в которой замкнутый технологический цикл *ресурсосберегающей круглогодичной технологии утилизации жф дождеванием* (ОМ) делится на три подсистемы, выполняющиеся независимо друг от друга, где конечный продукт предыдущей подсистемы является исходным для последующей подсистемы. Разработка комплексной ресурсосберегающая круглогодичной технологии утилизации жф навозных стоков выполняется на системном уровне по схеме (рисунок 2.1), которую можно представить в виде операторной модели (ОМ).

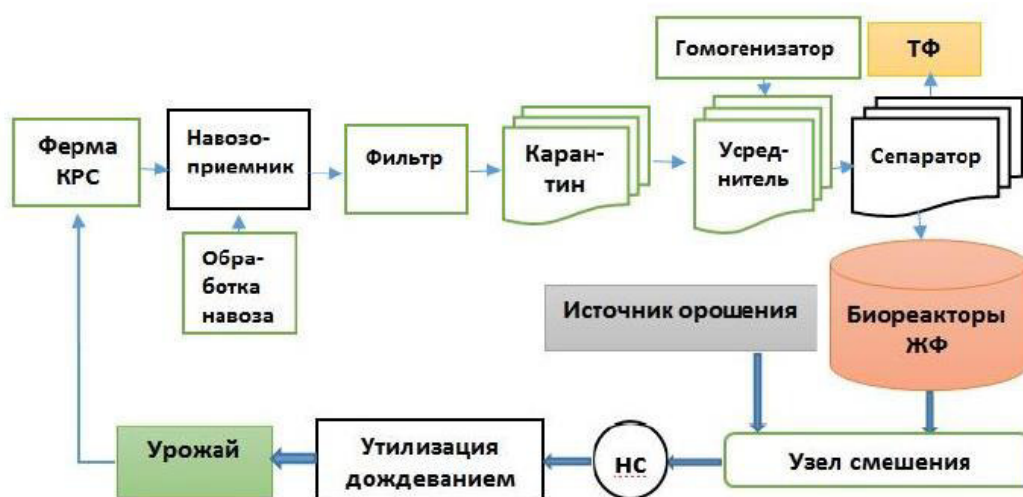


Рисунок 2.1 – Схема операторной модели

На рисунке 2.1 представлен схематично полный круглогодичный замкнутый цикл (продукция животноводства → переработка и утилизация отходов дождеванием на мелиоративной системе → урожай → продукция животноводства) ОМ, управление которой необходимо выполнять системно на трёх уровнях (подсистемах). Функционирование ОМ связано с последовательным непрерывным управлением цепочкой технологических операций комплексной ресурсосберегающая круглогодичной технологии утилизации жф навозных стоков на мелиоративной системе дождеванием.

Управление технологическими операциями операторной модели выполняется на 3-х подсистемах: *подсистема 1 – подготовка навоза к переработке; подсистема 2 – разделение навозных стоков на жф и тф; подсистема 3 – экологически безопасная утилизация жф дождеванием на мелиоративной системе.*

2.2 Разработка основных элементов операторной модели

Операторная модель комплексной ресурсосберегающая круглогодичной технологии утилизации жидкой фракции КРС дождеванием (ОМ) разработана на кафедре гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения КГАУ и внедрена на ЖК в ООО «Союз-Агро» на мелиоративной системе (кластер 11) Гулькевичского района Краснодарского края (рисунок 2.2).

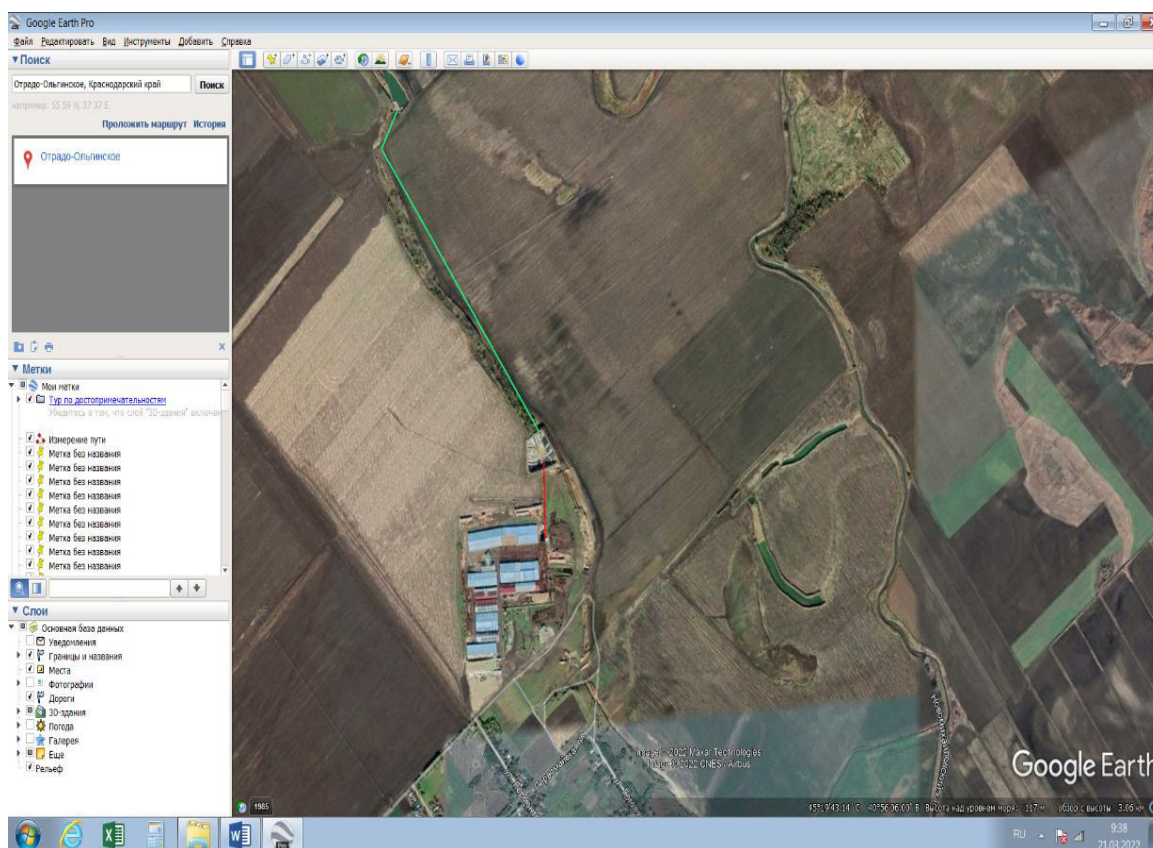


Рисунок 2.2 – План ЖК ООО «Союз-Агро»
Гулькевичского района Краснодарского края

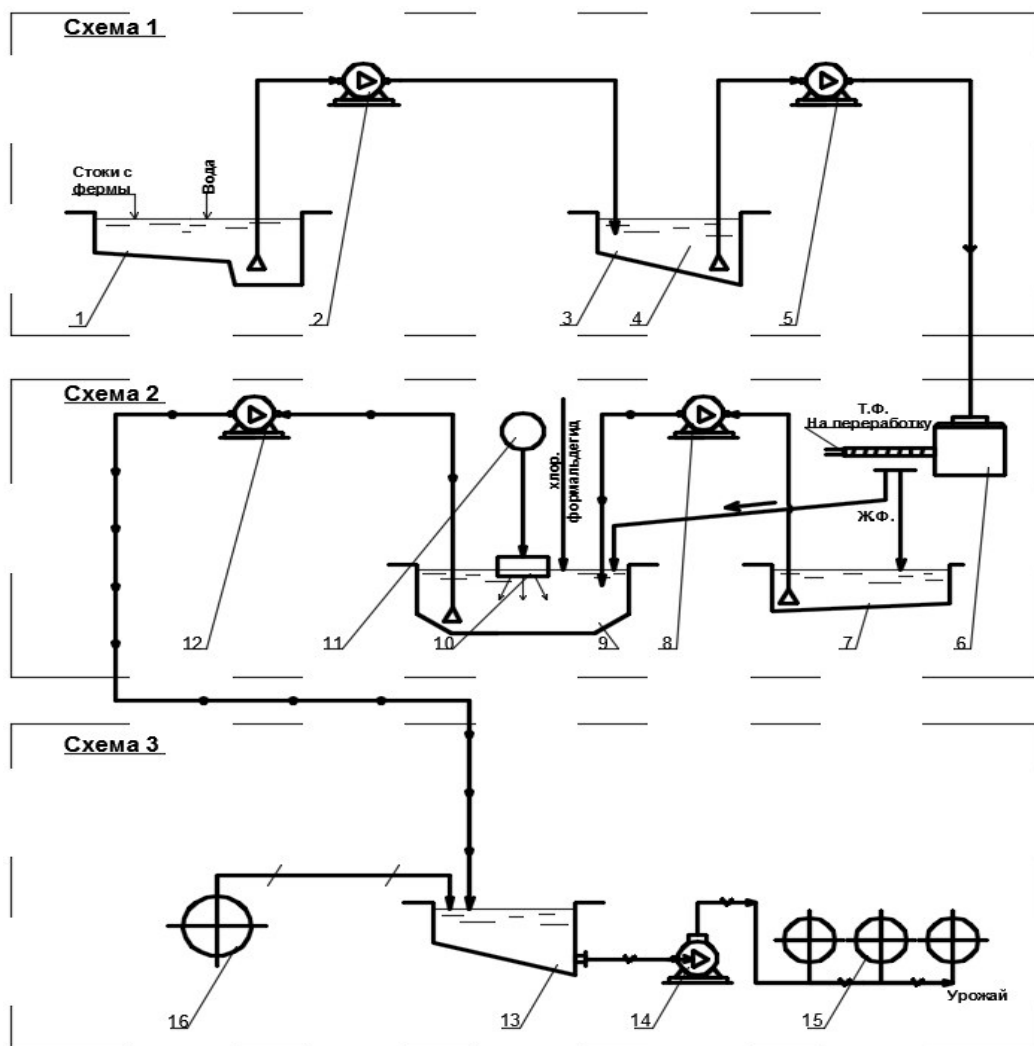
Операторная модель утилизации жидкой фракции крупного рогатого скота дождеванием разработана и внедрена для 5,0 тыс. телят КРС на откорме, как комплекс технологических операций, направленных на получение конечного продукта в виде жидкого *экологически безопасного* органического удобрения для улучшения мелиоративного состояния почв (МСП) и повышения урожая сельскохозяйственных культур [56, 88, 96, 110, 111].

ОМ включает 3-и подсистемы управления комплексной ресурсосберегающей круглогодичной технологии утилизации жф навозных стоков: 1 подсистема – подготовка навоза к переработке; 2 подсистема – разделение навозных стоков на жф и тф; 3 подсистема – экологически безопасная утилизация жф дождеванием на мелиоративной системе площадью 292, га. ОМ представлена схемами 1-3, которые дана на рисунке 2.3. Схема 1 – Подготовка навоза. Схема 2 – Разделение навозных стоков на ж и тф. Схема 3 – Утилизация жф н.

Описание основных элементов управления ОМ.

Подсистема 1 – подготовка навоза к переработке.

Подсистема 1 дана в виде схемы 1. Отходы от КРС ежедневно накапливаются в бетонном канале с уклоном 0,05 – навозонакопителе 1. Навоз постепенно по мере накопления перемещается по уклону канала, где выполняется очистка навоза от различных (включений) твердых частиц и волокон шерсти фильтрованием на ситах. Устанавливается допустимый размер ситных отверстий, определяющий качество дальнейшей переработки навозного стока. Очищенные навозные стоки насосом PTS 4-80 перекачиваются в усреднительную ёмкость 3, если стоки содержат патогенную микрофлору направляются на карантинную площадку. Навоз доводится до влажности 92 % водой источника орошения (ИО) 16, что позволяет навозные стоки превращать в полидисперсную систему гомогенизатором TMV 9/4N – 4 и обеспечивать их дальнейшее продвижение к насосу для подачи навозных стоков на сепаратор.



1. Накопитель навозных стоков. 2. Насос PTS 4-80. 3. Регулирующая усреднительная емкость 6,2x62x4,8 м. 4. Миксер – гомогенизатор ТМ V 9/4N. 5. Насос PTS 4-100. 6. Шнековый сепаратор SB 780/0,75. 7. Резервуар для хранения жидкой фракции. 8. Насос PTS 4-80. 9. Резервуар для хранения животноводческих стоков. 10. Оборудование для аэрации животноводческих стоков. 11. Компрессор. 12. Насос для подачи жф; 13. Усреднитель животноводческих стоков. 14. Насос ЕТО 4-80. 15. Дождевальная машина. 16. Источник чистой воды.

Рисунок 2.3 – Принципиальная схема операторной модели

Подсистема 2 – разделение навозных стоков на жф и тф (схема 2).

Насосом 5 марки PTS 4-100 готовятся гомогенизированные навозные стоки, которые подаются на шнековый сепаратор 6 марки SB 780/0,75. Сепаратор разделяет полидисперсную систему на твердую и жидкую фракции.

Жидкая фракция насосом 8 PTS 4-80 подается в карантинный резервуар и оттуда самотеком по трубопроводам направляется в механические биореакторы 9. Твердая фракция идет на дальнейшую переработку [22]. При обнаружении патогенной микрофлоры выполняется дезинфекция [23].

Подсистема 3 – экологически безопасная утилизация жф дождеванием на мелиоративной системе (схема 3).

Биореакторы 9 обеспечивают круглогодичную и непрерывную подготовку жф к утилизации дождеванием, это достигается тем, что в начале жф поступает от сепаратора 6 в приёмную емкость 7 и далее самотёком в пустой биореактор 9 до полного его наполнения, при этом в биореакторе постоянно и непрерывно производится подача воздуха с помощью воздуходувок 10 для выполнения процесса аэробной ферментации жф. Подача воздуха выполняется компрессорами 11. Из наполненных биореакторов жф подаётся самотёком (или используется насос) в усреднитель 13 для получения удобрительной смеси (вода+ жф - «оросительная вода»), которая подаётся насосом 14 марки ЕТО 4-80 по трубам к дождевальным машинам 15, где утилизируется на полях орошения. Ферма расположена по отношению к источнику орошения выше по рельефу местности.

2.3 Основные проектные решения по управлению операторной моделью на трех подсистемах

Подсистема 1 – подготовка навоза к переработке.

Жидкий навоз с фермы поступает в накопительную железобетонную емкость в виде канала с целью доведения массы отходов до влажности 92 %. Разбавление отходов до требуемой влажности выполняется водой ИО. Влажность контролируется прибором ВИМС -1У ежедневно. Накопитель жидкого навоза проектируется из ж/б марки В35 размером – 60x10 м, глубиной – 2 м. Дно накопителя выполняется из бетона марки В35 толщиной 200 мм, который укладывается на утрамбованное щебеночное основание толщиной 250мм.

Первоначально навоз содержит твердые включения размером 30-250 мм (корма, солома, стебли, шерсть). Для уменьшения размеров включений устанавливают сетку размером 20х20 мм и далее используется фекальный насос с крыльчаткой CM80-50-200/4 ($Q=25\text{ м}^3$; $H=12,5$ м), который снабжают двумя ножами, вращающимися вместе с рабочим колесом. Этот способ применяется для надежной работы трубопроводов и оборудования.

Из канала животноводческие стоки направляются в усреднительную емкость, которая представляет собой железобетонный резервуар с размерами в плане 6,2х6,2 м глубиной 4,8 м. Резервуар проектируется из монолитного железобетона марки В22,5. Усреднитель устраивается на подготовленном утрамбованном щебеночном основании толщиной 250 мм. В емкости резервуара животноводческие стоки для исключения осаждения взвешенных веществ перемешиваются с помощью гомогенизатора марки TMV-6/4N максимальной производительностью 130 м³/час. Гомогенизированная смесь подается насосом PTS 4-100 производительностью 100 м³/час на сепараторную станцию.

Подсистема 2 – разделение навозных стоков на жф и тф.

На сепараторной станции монолитные железобетонные конструкции устраиваются из бетона класса В 20 на портландцементе (ГОСТ 10178-85) с маркой по водопроницаемости W6.

Здание сепараторной станции – прямоугольное в плане 6,0х4,0 м высотой 4,5 м. Под фундаментом выполняется подготовка из бетона марки В7,5 на портландцементе по водопроницаемости W4 толщиной 200 мм, которую устраивают по уплотненному основанию толщиной 250 мм.

Для разделения стоков на фракции применяется шнековый сепаратор марки SB780-0,75, так как он является наиболее надежным, производительным и обеспечивает требуемое качество при разделении навоза на фракции. Для процесса разделения навозных стоков на твердую и жидкую фракции из анализа научной литературы [22, 60, 97] установлено, что по техническим параметрам шнековый сепаратор обеспечивает эффективную и непрерывную переработку навозных стоков. После сепарирования твердая фракция готовится

к компостированию [22, 97], а жидкая фракция к переработке в биореакторах, расположенных в пределах фермы.

По техническим характеристикам для фермы принят шнековый сепаратор марки SB780-0,75 производительностью 50 м³час, который оборудован специальной вибрационной системой, которая обеспечивает лучшие результаты жф на выходе и более высокую производительность по сравнению с аналогичными машинами по способу разделения навоза на фракции. Принимается 2 сепаратора марки SB780-0,75.

Разделение навоза на фракции при помощи сепаратора марки SB780-0,75 имеет ряд преимуществ:

- сепаратор – устройство самоочищающееся; не потребляет дополнительных расходов воды для промывки;
- обратное давление, создаваемое регулятором давления на выходе сепаратора, можно менять и получать тф с концентрацией сухих веществ 35-40 %;
- изменяя положение противовесов в сепараторе, можно менять влажность твердой фракции на выходе от 33 до 60 %;
- жидкость, отделённую сепаратором, можно перекачивать обычным насосом для сточных вод или транспортировать самотеком по трубам небольшого диаметра, поскольку в ней содержится достаточно мало сухих веществ и различных примесей. Жф содержит только мелкодисперсные твердые частицы, находящиеся в растворенном состоянии;
- сепаратор имеет высокую производительность, отделяет твердые составляющие с минимальной влажностью при высоком КПД;
- защита двигателя обеспечивается автоматикой при прекращении подачи стоков. Возможна эксплуатация сепаратора в автоматическом режиме.

Сепаратор рассчитан на непрерывную и круглосуточную работу. Сепаратор имеет следующие основные характеристики: эффективность разделения навоза КРС – 80 %; влажность твердой фракции после сепаратора – 65-70 %; наличие содержания твердых составляющих в виде отходов КРС. Материал

изготовления шнека – нержавеющая сталь с твердосплавным наплавлением на кромку. Сито – высоколегированная нержавеющая сталь.

Жидкая фракция направляется в карантинный резервуар емкостью 58,8 м³ с размерами в плане 3,5х3,5 м и глубиной 4,8 м, выполненный из монолитного железобетона класса В22,5. Бетон укладывается на подготовленное утрамбованное щебеночное основание толщиной 250 мм.

Подсистема 3 – утилизация жф дождеванием на мелиоративной системе.

Резервуар для хранения жидкой фракции – механический биореактор (МБР), который представляет собой ёмкость в выемке в виде котлована объемом 42 тыс. м³. Заглубление котлована по отношению к уровню земли составляет 9 м с заложением откосов 1:1. При устройстве МБР используется специальное пленочное покрытие, которое герметично покрывает стены и дно котлована. Покрытие является противофильтрационным экраном, при котором животноводческие стоки не попадают в почву. Пленочное покрытие состоит из 2х слоев: защитного слоя – Tiptex BS25 и изоляционного покрытия – Solmax 400.

Геотекстиль Tiptex BS25 – это нетканый геотекстиль производимый из 100 % полипропилена. Он обладает свойствами – механически и термически скрепленных текстилей, которые широко применяются для защиты от повреждения геомембраны. Геомембрана Solmax 400 – изоляционная геомембрана, выпускаемая из полиэтилена высокого давления с добавками: сажа, антиокислители и стабилизаторы теплого старения. В функциональном плане геомембрана используется для предотвращения проникновения жидкостных и газообразных субстанций в окружающую среду. Свойства мембраны: высокие антикоррозийные и гидроизоляционные показатели, химическая стойкость, активное противодействие разрушительному ультрафиолетовому излучению, эластичность, способность к удлинению до 200 %. Этот материал применяется для ресурсосберегающей технологии при накоплении жф стоков, которые обладают токсичностью и агрессивностью.

Пленочные хранилища жф обладают рядом преимуществ по сравнению с хранилищами, изготовленными из других материалов (раздел 1): обеспечивают противofильтрационный барьер; пленочная изоляция надежно защищает от утечки жф за пределы МБР; возможность совмещать в одном сооружении функций хранения и обеззараживания; простота устройства и монтажа отдельных узлов и сооружения в целом; стоимость пленочных резервуаров примерно в 2,5 раза ниже аналогичных из бетона и металла; длительный срок службы, обеспечивается инертностью плёнок к агрессивным средам.

Для минимизации воздействия жф на грунтовые воды предусмотрена защита от фильтрации стоков использованием глиняного замка толщиной 250 мм по всему периметру ложа МБР. По гребню МБР покрытие крепится бетонными анкерными с шагом 2,5 м.

Биореактор оборудован устройством для аэрации жф, необходимой для нейтрализации CO_2 и обеззараживания. Устройство состоит из перфорированного трубопровода и представляет собой плавающий понтон с воздуходувкой. При полном заполнении резервуара необходимо две аэрационные установки. Для подачи воздуха в перфорированные трубопроводы на гребне дамбы резервуара устанавливаются компрессоры. МБР пополняется животноводческими стоками – с половины сентября до марта месяца.

Далее из резервуара жидкая фракция навоза посредством трубопровода ПЭ100 SDR26 направляется самотёком в усреднитель 13.

Усреднитель выполняется в 2-х уровнях. Заглубленная часть представляет собой железобетонный резервуар. Надземная часть – сухое помещение. Надземная часть выполнена в металлическом каркасе. Наружные стены и покрытие кровли – металлический профилированный лист. Здание квадратное в плане в осях 3х3 м, высота – 2,8 м.

Подземная часть выполнена из монолитного железобетона, армированного арматурой 35ГС класса А-III согласно ГОСТ 5781-85 диаметром 12 мм. Класс бетона – В25. Резервуар размером 3х3 м устроен на глубину 2,1 м от поверхности земли.

Усреднитель 13 одновременно служит фундаментом для наземной части. Фундаменты запроектированы на суглинке твердом легком пылеватом.

Объем усреднителя составляет 18,9 м³.

Для схемы подсистемы 3 обосновано 3 режима работы усреднителя:

1. В случае получения неблагоприятных результатов проб в резервуаре хранения жф по химическим показателям, предусматривается накопление и усреднение состава жидкой фракции. Жидкая фракция навоза поступает из резервуара в усреднитель 13, вместе с тем в усреднитель подается речная вода от магистрального оросительного трубопровода кластера 11 для разбавления жф. После 20-минутного смешения жидкость центробежным насосом марки ЕТО 4-80 ($Q=36\text{м}^3/\text{ч}$, $H=12\text{м}$, $N=4\text{кВт}$), установленного в сухом помещении усреднителя, подается во всасывающий трубопровод дизельной насосной установки, предусмотренной для орошения поля кластера 11.

2. В случае, когда дополнительное усреднение состава жидкой фракции навоза не требуется, готовое органическое удобрение из резервуара хранения по байпасу поступает непосредственно во всасывающий трубопровод дизельной насосной установки, предусмотренной для орошения кластера 11. Оросительная вода напрямую поступает на оросительную систему для полива сельскохозяйственных культур.

3. В случае, когда дополнительное усреднение состава жидкой фракции навоза не требуется, а имеется необходимость принудительного опорожнения резервуара жидкой фракции навоза, готовое органическое удобрение из МБР подается во всасывающий трубопровод центробежного насоса марки ЕТО 4-80 ($Q=36\text{м}^3/\text{ч}$, $H=12\text{м}$, $N=4\text{кВт}$), установленного в сухом помещении усреднителя. ЖФ подается во всасывающий трубопровод дизельной насосной установки, предусмотренной для орошения кластера 11.

После каждого полива очищенными стоками предусматривается промывка оросительных трубопроводов водой из пруда-накопителя.

Степень разбавления животноводческих стоков – один из важных процессов утилизации жф на агроландшафтах при выращивании сельскохозяйственных культур. Разбавленные животноводческие стоки поступают в закрытую сеть из полиэтиленовых труб: ПЭ100 SDR26 Ø400x15,2 длиной L=525м и ПЭ100 SDR26 Ø315x12,1 длиной L=1923м и далее направляются на поля кластера 11 для утилизации жф дождеванием. Полиэтиленовые трубы с точки зрения химической стойкости применяются для транспортировки стоков. Следует иметь в виду, что они подвержены старению: при низких температурах становятся хрупкими, следовательно, чувствительными к внешним и нагрузкам, а при повышенных температурах падает их прочность на сжатие.

В настоящее время накоплен опыт по применению современных средств полива дождеванием. К ним следует отнести дождевальные машины нового поколения, которые представляют собой технически современные самодвижущие агрегаты кругового действия. Для утилизации жф принимаются дождевальные машины: круговая дождевальная машина с радиусом 400 м производительностью 300 м³/час; круговая дождевальная машина с радиусом 790 м производительностью 600 м³/час.

Процесс обеззараживания и дегельминтизации.

На комплексе подготовки животноводческих стоков предусмотрен способ и технические средства для обеззараживания. Для целей обеззараживания используются: длительное выдерживание, химический и биологический способы. Для обеззараживания жидкой фракции навозных стоков методом выдерживания следует принимать емкость хранения в течение не менее 6 месяцев. При возникновении эпизоотической обстановки обеззараживания жидкой фракции навозных стоков рекомендуется проводить с помощью формалина или хлора. Дополнительным способом обеззараживания рекомендуется использовать бактерицидную установку «Лазурь-М», в которой применяются ультрафиолетовое излучение.

Карантинный резервуар. Предусмотрен для промежуточного выдерживания жидкой фракции навозных стоков, подготовленных для подачи ОС. Для

контроля эпизодической обстановки комплекса КРС в эту емкость поступает и выдерживается жидкая фракция навоза в течение 6 дней. Если в течение 6 суток не будет зарегистрировано случаев инфекционных заболеваний, то жидкая фракция навоза поступает на дальнейшую обработку. В таблице 2.1 даны микробиологические и паразитологические показатели жф.

Таблица 2.1 – Микробиологические и паразитологические показатели жф, используемой для орошения (2019-2021гг.)

№ п/п	Показатели	Допустимое содержание в 1дм ³
1.	Число ЛПК (лактоза-положительные) кишечные палочки	<10000
2.	Патогенные микроорганизмы	Отсутствуют
3.	Жизнеспособные цисты кишечных простейших (дизентерийная амеба лямблии)	<1
4.	Жизнеспособные яйца гельминтов (аскариды, власоглавы, острицы и др.)	Отсутствуют

Навозоудаление выполняется каждый день. Навозные стоки КРС без подготовки к использованию не пригодны в качестве органического удобрения, если для его распределения применяется поливная техника, так как может содержать крупные остатки корма, крупные агрегаты твердой фракции, из-за которых забиваются насосы, заиливаются трубопроводы, засоряется управляющая арматура и сопла дождевальных машин, а технологически процесс использования стоков в этом случае имеет низкую надежность.

Навозные стоки КРС имеют физико-химические, реологические и седиментационные свойства отличные от воды, которые необходимо учитывать при выборе оборудования систем подготовки, переработки и утилизации:

1. Обязательным условием подготовки навозных стоков КРС является удаление твердых включений (это различные органические, волокнистые и минеральные вещества, остатки корма, кал животных), достигающие размера 30-250 мм, которые отфильтровываются на сетке размером 20x20 мм;

2. Влажность – один из основных показателей, от которой зависят основные свойства навозных стоков, которая поддерживается не менее 92 %. Уда-

ление навоза за счет сползания, «подталкивания» его с применением бульдозера по уклону 0,05 в сторону усреднителя. При влажности $W < 91\%$ осаждение частиц прекращается, поэтому навозные стоки с выгульных площадок разбавляются водой при поступлении их в усреднитель;

3. Седиментационные свойства навозных стоков КРС характеризуются способностью к расслоению и образованию осадка – навозные стоки КРС имеют низкую интенсивность естественного расслоения на фракции. По этой причине даже при длительном отстаивании не наблюдается резкой границы между осадком, средним и плавающим слоями. Поэтому для полной утилизации стоков применяются схемы только с механическим разделением на фракции: шнековый сепаратор, который разделяет стоки на жф и тф;

4. Животноводческие стоки КРС обладают низкой способностью к впитыванию почвой даже на почвах с высокой водопроницаемостью, поэтому на участках орошения мелиоративной системы необходимо проводить мероприятия, обеспечивающее бессточный полив (рыхление верхнего слоя), а также разбавлять жф в определённой концентрации;

5. Опыт эксплуатации мелиоративной системы показывает, что площадь орошаемых земель должна принимать полностью годовой объем стоков с соблюдением требований охраны окружающей среды.

С учетом санитарных норм и требований [99, 100] выполнены расчеты размеров земельных участков под оборудование и машины для локальных очистных сооружений ЖК. Участок, отведенный под строительство на ЖК локальных очистных сооружений для подготовки жф к орошению, располагается в 500 м от с. Отрадо-Ольгинское Гулькевичского района, на котором размещаются – накопитель для навоза, регулирующая емкость, сепараторная станция, дополнительный резервуар, биореакторы для хранения жф навоза. Общая площадь под локальные очистные сооружения ЖК составляет – 27636 м².

ВЫВОДЫ по разделу 2

1. Разработана операторная модель с 3-мя подсистемами, которые позволяют на подсистемном уровне управлять круглогодично и непрерывно технологическими операциями подготовки, разделения и утилизации разбавленной жидкой фракции стоков дождеванием на мелиоративных системах.

2. Каждая подсистема направлена на выполнение определённого замкнутого технологического цикла, где на уровнях ОМ установлены размеры промежуточных технологических ёмкостей накопления, переработки и накопления тф и жф, а также карантинных площадок.

3. Установлен основной состав машины технологической мощности операторной модели комплексной ресурсосберегающая круглогодичной технологии утилизации жф навозных стоков.

3 МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Подача природной воды на оросительную систему для дождевания сельскохозяйственных культур производится из Новокубанского канала, который питается водой из р. Кубань. Площадь орошения дождеванием очищенными животноводческими стоками составляет 254,3га. Специфические природно – климатические условия территории позволяют выращивать теплолюбивые культуры. Для данного района характерны основные природно – климатические факторы: среднемесячная температура воздуха составляет: в январе - 3,5°С, в июле 23,2°С, среднегодовая +10,3°С. Абсолютный максимум температуры воздуха летом достигает 42°С, абсолютный минимум зимой -32°С. Среднегодовая сумма осадков составляет 611 мм. Распределение осадков в году неравномерное.

Исследования по утилизации жф выполнялись в течение 4-х лет с 2018 по 2021 гг. Разработка, исследование и совершенствование процессов операторной модели выполнялось в течение всего периода исследований, проводился подбор машин по переработке навозных стоков, настраивалось оборудование по производительности, согласованию мощностей машин, выстраивались технологические цепочки по последовательности их выполнения.

Исследования по утилизации и влиянию ОВ на мелиоративное состояние почв опытного участка проводилось в течение 3-х лет. Исследования образцов навоза, жф, почвы выполнялись в аттестованной лаборатории РосИнТеКо г. Проводились исследования по химическому составу макроэлементов, вредных солей, катионов и анионов, *Ph* почвы участка утилизации жф. Краснодар. Органическое вещество определяется по методу Тюрина. Подвижный калий (K_2O) и фосфор (P_2O_5) находится по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91).

При определении биогенных элементов обменного азота аммония, нитратного азота использовался метод ЦИНАО (ГОСТ 26489-85). Гранулометрический состав почв определялся по методу Качинского (ГОСТ 12536-79).

Состав в почве тяжёлых металлов находился методом - атомно-абсорбционного анализа (РД 52.18.191-89 – для валовых форм и РД 52.18. 289-90 – для подвижных форм).

Для интерпретации результатов исследования использовались методы статистической обработки данных, корреляционно-регрессионного анализа. Оценка всех показателей производилась на 95 % уровне значимости.

3.1 Оценка качества воды источника орошения

При оценке качества воды ИО учитываются – общая минерализация, соотношения катионов, величина *pH*. Вода не должна оказывать отрицательного влияния на агрономелиоративные свойства почвы, состав грунтовых вод, урожайность сельскохозяйственных культур и качество продукции. По степени минерализации В.А. Ковда и И.Н. Антонов – Каратаев делят воду на классы: слабоминерализованные – содержание солей менее 1 г/л; среднеминерализованные – содержание солей от 1 до 3 г/л; сильноминерализованные – содержание солей от 3 до 5 г/л. Согласно исследованиям академика А.Н. Костякова [77], пределом содержания отдельно взятых солей хорошо проницаемых почв является: Na_2CO_3 – 1 г/л, Na_2SO_4 – 5 г/л, $NaCl$ – 2 г/л.

Вода не должна содержать токсичных солей больше 0,5 г/л, а минерализация до 1,5 г/л считается допустимой. Исследованиями М.Г. Голченко, В.И. Желядко установлено, что этот показатель может быть повышен до 1,7 г/л. При 3 г/л вода становится опасной для орошения, а концентрация солей 4,5 г/л считается предельно опасной (А.Н. Костяков, В.И. Марымов [90, 91]).

Основные критерии минерального состава воды – содержание растворимых солей, соотношение компонентов ионного состава, концентрация водородных ионов (*pH*), содержание нормальной соды и хлора. Воды ИО должны

отвечать агромелиоративным требованиям, только в этом случае возможны высокие урожаи, полноценное качество продукции, сохранение и повышение плодородия почв. В различных почвенно-климатических условиях эти требования не одинаковы.

При неблагоприятном соотношении катионов $Na^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ будет наблюдаться засоления тяжелых почв при орошении ОВ. Для оценки пригодности жф при орошении опытного участка на тяжелых черноземных почвах показатель $Na^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ не должен превышать критического соотношения: 3:1 – при минерализации стоков не более 1 г/л; и 2:1 – при минерализации стоков не более 2 г/л. Показатель $Na^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ применялся для контроля почв мелиоративного участка при утилизации жф. Залегание УГВ на опытном участке утилизации жф в вегетационный период сельскохозяйственных культур находилось ниже 3 м.

Для контроля над мелиоративным состоянием почв и предотвращения засоления почв опытного участка при орошении ОВ, минерализация ОВ ограничивается показателем 2 г/л при благоприятном соотношении Na^+ над Ca^{2+} и Mg^{2+} , но при подъёме УГВ выше 2 м эта граница снижается до 1,5 г/л.

На опытном участке учитывалось: характер засоления почвы, реакция почвенного раствора, емкость поглощения почвы и степень насыщенности её поглощающего комплекса Na^+ и двухвалентными катионами Ca^{2+} и Mg^{2+} . Существенное значение имеет форма содержащегося в оросительной воде Na^+ . Степень вредности его солей выражается соотношением $Na_2SO_4: NaCl: Na_2CO_3$ 1:3:10. Предельное содержание наиболее вредной соли Na_2SO_4 для черноземных почв – 200 мг/л.

Хлор ион Cl токсичен для растений. Наличие его в верхних слоях почв в количестве 0,01% угнетает всходы растений и подавляет их дальнейшее развитие. Предельное значение содержания хлоридов в воде для черноземных почв сульфатно-хлоридного типа засоления является 300 мг/л.

Одним из надежных показателей качества оросительной воды, будем считать наличие содержания ионов *Na* и суммы ионов *Ca* и *Mg*, которые определяют пригодность оросительной воды к дальнейшему использованию на опытном участке.

3.2 Способ приготовления жидкой фракции навозных стоков

Одним из основных процессов технологической схемы переработки навоза является получение жидкой фракции. Система и способ непрерывной утилизации жидкой фракции навоза крупного рогатого скота [110, 111] предусматривает разделение навоза на фракции. Жф накапливают в отстойнике и далее после биологического окисления в течение не менее 4-х месяцев и более используется для орошения дождеванием. Отходы тф утилизирую отдельно и в работе не рассматриваются.

Мягкий климат района определяет стойлово-выгульную систему содержания молодняка круглый год. Для раздачи кормов используется мобильный транспорт. Поение животных предусматривается из индивидуальных поилок. Навозоудаление в помещениях осуществляется каждый день.

Это является одним из основных аргументов к созданию системы непрерывной [110, 111] утилизации жф дождеванием.

Разделение навоза на фракции обусловлено рядом преимуществ: уменьшение резервуаров (механических биореакторов) в несколько раз за счет удаления твердой фракции, сокращения времени обеззараживания жидкой фракции, увеличения оборачиваемости в течение года; в резервуаре хранится только мелкодисперсная жидкость с диаметром частиц до 0,25 мм, гидроизоляция лагун производится пленочными экранами; легкость транспортирования мелкодисперсной фракции по трубопроводным транспортом на большие расстояния; после извлечения твердых элементов и углерода уменьшаются потери азота (NH_3 , CH_4) в процессе хранения и внесения; значительное умень-

шение неприятного запаха; хорошая усвояемость почвой и растениями; возможность длительных сроков внесения; простая и недорогая система внесения; незначительные затраты энергии при перекачивании и транспортировке; минимальное содержание семян сорных растений.

Разделение навоза на фракции предусматривается процессом сепарирования. Для выполнения этого процесса используются прессовые шнековые сепараторы, которые производятся в различных модификациях, с различными видами загрузочных горловин, барабанных сит с размерами ячеек сита 0,25-1,0 мм. Для применения современных ДМ нового поколения при утилизации жф необходимо получать мелкодисперсную фракцию, которая будет использоваться на полях после разбавления чистой водой в виде органических удобрений. Добиться качества мелкодисперсной смеси жф можно с применением также современных сепараторов.

Установлена требуемая фракционность твердых включений, которые должны содержаться после сепарации в жф – различные органические вещества, остатки корма, кал животных (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Гранулометрический состав твердых частиц жф, %

Стоки	Размер частиц по фракциям, мм						
	менее 1	1-2	2-3	3-5	5-7	7-10	более 10
КРС	29	30,1	26,2	7,6	3	2,1	2

Представленному гранулометрическому составу жф (таблица 2.3) должен отвечать навоз с влажностью > 92 %. Для этого необходимо навоз разбавлять водой источника орошения, добавлять воду до сепаратора, превращая навозные стоки в полидисперсную систему.

Это позволяет эффективно применять сепараторы при различной влажности навозных стоков. Производительность сепараторов зависит от влияния различных факторов: исходной концентрации стоков, температуры, типа кормов, срока хранения навоза. Для процесса сепарации принимается сепаратор 780/0,75 с ячейкой сита 0,75 мм (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Производительность сепаратора на навозе КРС

Сепаратор	Модель серии 780/0,75	Ячейка сита 0,75	Содержание сухих веществ в навозе (%)			
			1...3%	4...6%	7...9%	10...12%
			50 м ³ /ч	35 м ³ /ч	27 м ³ /ч	15 м ³ /ч

Разделение навоза на фракции выполняется при помощи шнекового сепаратора [111]. Концентрация отдельных твердых составляющих с концентрацией сухих веществ составляет 35-40%. Влажность твердой фракции на выходе - 35%. Жидкость, отделенная сепаратором, перекачивается насосом, поскольку в ней содержится достаточно мало сухих веществ и различных смесей.

В пробах навозных стоков до разделения и после разделения на фракции находится содержание макроэлементов и *Ph*. Для процесса гомогенизации устанавливается влажность навозных стоков, которая доводится в усреднителе до показателя не менее 93,5 %. После разделения стоков на фракции шнековым сепаратором в жф и тф перед подачей жф в МБР определяются макроэлементы и *Ph*.

Рассчитывается ёмкость механических биореакторов в зависимости от объёма жф и выдерживается не менее 4 месяца при непрерывной подаче воздуха для выполнения процесса барботажа. Перед опорожнением МБР в смешанных пробах жф устанавливается состав биогенных элементов.

3.3 Определение параметров жидкой фракции после сепарации

Оросительная вода формируется из воды источника орошения ИО и жф, которая получается сепарированием из навоза определённой влажности (ОВ = ИО + жф). Качество и количество ОВ определяется основными показателями: возрастом животных, содержанием животных, рационом кормления, экскрементами, степенью разбавления водой ИО. Выход экскрементов (таблица 3.3) и расход воды для КРС определяется по таблице 3.4.

Таблица 3.3 - Средний выход экскрементов от КРС

Группа животных на откорме	Выделяется одним животным за сутки, кг			Средняя влажность экскрементов, %
	кала	мочи	всего	
6-12 месяцев	14	12	26	86,2
старше 12 месяцев	23	12	35	84,9

Таблица 3.4 – Расход воды на производственные нужды в зависимости от вида КРС и способа удаления навоза в расчете на одну голову в сутки

Возраст животных	Объем воды, добавляемой в навозные стоки, л		
	от уборки помещений, мытья кормушек и самотечной уборки навоза		от доильных залов молочных, кормоцехов
	периодического действия	непрерывного действия	
до 4 месяцев	8-10	4-6	6-8
5-8 месяцев	10-12	5-10	-
8-12 месяцев	15-20	5-10	-

Из выхода экскрементов КРС сепарированием получают жф и тф. Для разделения навоза на фракции используется шнековый сепаратор с производительностью 50 м³/час серии 780/0,75 с барабанным сито.

Эффект осветления J после сепаратора определяется по формуле:

$$J = (100 \cdot (T_n - T_{ж})) / T_n, \quad (3.1)$$

где T_n , $T_{ж}$ – содержание взвешенных веществ соответственно в навозе и жидкой фракции, г/л или кг/м³.

Эффект осветления от исходной влажности жидкого навоза может приниматься по таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Эффект осветления и влажность фракций

Шнековый сепаратор	Производительность, м ³ /час	Влажность, %			Эффект осветления, %
		исходного навоза	твердой фракции	жидкой фракции	
780/0,75	25-50	>92	85-90	-	60

Разделение навоза КРС на фракции рассматривается как механический процесс, при котором отсутствуют потери вещества, поэтому выход жидкой и

твердой фракции (осадка) при разделении навоза известной влажности определяется по формулам:

$$Q_{\text{ж}} = Q_{\text{н}} \cdot ((C_{\text{o}} - C_{\text{н}}) / (C_{\text{o}} - C_{\text{жс}})) , \quad (3.2)$$

$$Q_{\text{o}} = Q_{\text{н}} \cdot ((C_{\text{н}} - C_{\text{жс}}) / (C_{\text{o}} - C_{\text{жс}})) , \quad (3.3)$$

где $Q_{\text{н}}$, $Q_{\text{ж}}$, Q_{o} – масса соответственно исходных навозных стоков, жидкой и твердой фракции, кг или т; $C_{\text{н}}$, $C_{\text{жс}}$, C_{o} – относительное содержание сухого вещества соответственно в навозе, жидкой и твердой фракции, %; C_{o} принимается по таблице 2 [103].

Относительное содержание сухого вещества в жидкой фракции $C_{\text{ж}}$ определяется по формуле:

$$C_{\text{ж}} = (1 - 0,006J) \cdot C_{\text{н}} . \quad (3.4)$$

Находятся концентрации биогенных элементов в твердой и жидкой фракциях навозных стоков после разделения. Азот общий с учетом потерь при разделении распределяется по фракциям в следующем соотношении:

$$N_{\text{o}} = N_{\text{н}} (0,30(C_{\text{o}}/C_{\text{н}})) + (0,43(100 - C_{\text{o}})/(100 - C_{\text{н}})) , \quad (3.5)$$

$$N_{\text{жс}} = N_{\text{н}} (0,80(C_{\text{жс}}/C_{\text{н}})) + (0,43(100 - C_{\text{жс}})/(100 - C_{\text{н}})) , \quad (3.6)$$

где $N_{\text{н}}$, N_{o} , $N_{\text{жс}}$ – относительное содержание общего азота соответственно в навозе, твердой и жидкой фракциях, %.

Фосфор распределяется по фракциям прямо пропорционально содержанию в них сухого вещества, а калий – прямо пропорционально содержанию влаги:

$$P_{\text{o,жс}} = P_{\text{н}} \cdot (C_{\text{o,жс}}/C_{\text{н}}) , \quad (3.7)$$

$$K_{\text{o,жс}} = K_{\text{н}} \cdot ((100 - C_{\text{o,жс}})/(100 - C_{\text{н}})) , \quad (3.8)$$

где P_{o} , $P_{\text{жс}}$ (K_{o} , $K_{\text{жс}}$) - соответствуют относительному содержанию биогенного элемента (фосфора, калия) соответственно в твердой или жидкой фракциях

навоза, %; C_o , $C_{ж}$ – относительное содержание сухого вещества в твердой или жидкой фракции, %.

По формулам (3.1) – (3.8) определяются параметры жф при разделении навоза на фракции шнековым сепаратором 780/0,75. Биогенные элементы будут использоваться для оценки плодородия почв и улучшения МСП, а также пригодности ОВ при её утилизации на опытном участке и орошении кукурузы на зерно дождеванием.

3.4 Обоснование утилизации жидкой фракции дождеванием на опытном участке

Почвенный покров мелиоративной системы однороден, практически не изменяется по почвенным разностям. На территории опытного участка залегает чернозём типичный на аллювиальных отложениях слабой гумусированности - 3,85%. Мощность гумусного слоя находится в диапазоне 83-106 см, который занимает около 87 % общей площади орошения. Уровень грунтовых вод на опытном участке около 3 м и может подниматься к поверхности до 2 м в осенне-зимний период.

Для данного типа почв в условиях Гулькевичского района принимается дождевание. Выполнен химический анализ пахотного слоя почвы. Установлено содержание биогенных элементов в пахотном горизонте почвы опытного участка, которое представлено в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Состав почвенного слоя 0-20 см

№	Наименование ионов	Значения	
		в мг*эquiv/100гр	%
1	Кальций Ca^{2+}	24.66	74.1
2	Магний Mg^{2+}	8.32	24.8
3	Натрий Na^+	0.37	1.1
4	Значение ППК	33.55	100
5	Ph	7,8	

Химический состав водной вытяжки для почвы в пахотном слое представлен в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Состав водной вытяжки почвы опытного участка слоя 0-20 см

Группы	Наименование ионов	Значения	
		мг/л	мг*экв/л
I	Анионы		
	HCO ₃ ²⁻	15	0,25
	Cl ⁻	4	0,13
	SO ₄ ²⁻	12	0,25
	Сумма		0,63
II	Катионы		
	Ca ²⁺	7	0,34
	Mg ²⁺	1	0,08
	Na ⁺	7	0,21
	Сумма		0,63

Пахотный слой почвы насыщен кальцием – в пахотном слое его содержится 74,1 %. Насыщение магнием составляет 24,8 %, это говорит о слабой слитости почвы и высокой проницаемости, что говорит в пользу выбора утилизации жф дождеванием. Содержание натрия не превышает 1,1 %, это означает отсутствие склонности почвы к солонцеватости. Насыщение водорастворимых солей пахотного слоя почвы – 0,046 %, содержание токсичных солей в нём не превышает – 0,020 %.

Основной химический состав почвенного покрова и водной вытяжки показывает, что данная почва относится к слабо гумусным, но обладает высокими водно-физическими свойствами, не склонными к деградации при утилизации жф дождеванием. Структура пахотного слоя – комковато-зернистая. Условия благоприятны для орошения сельскохозяйственных культур ОВ.

На площади 254,3 га (нетто) производился высеv семян кукурузы сортов *сенгента* на зерно из расчёта 57 тыс. шт. (схема посева 0,25x0,7 м) на 1 га. После высева кукурузы выполнялся режим орошения согласно графика полива. Во время вегетации кукурузы норма дождя принимается – 10 мм. Утилизация дождеванием – механизированный способ орошения, при котором по-

ливная вода выбрасывается ротаторами, направленными каплями определенной крупности, падает на растение и почву в виде дождя. Утилизация разбавленных стоков дождеванием перспективный вид орошения, который имеет ряд преимуществ по сравнению с существующими способами утилизации:

- равномерное распределение поливной нормы;
- управление влажностью почвы при высоком УГВ;
- повышение уровня механизации и автоматизации процесса полива;
- контроль над интенсивностью дождя.

Допустимая интенсивность дождя для почв участка орошения составляет – 0,1-0,2 мм/мин. Средняя интенсивность дождя для дождевальных машин при утилизации ОВ определяется по формуле:

$$i_{cp} = 60 \cdot Q/F, \quad (3.9)$$

где Q – расход дождевальной машины, л/с; F – орошаемая площадь с одной позиции, га.

Диаметр капель ротатора, который не размывает почву опытного участка рассчитываются по формуле:

$$d = \sqrt{6t/\pi\rho} \quad (3.10)$$

где t – поливная норма, мм; ρ – плотность воды, кг/м³

Для условий опытного участка интенсивность, создаваемая искусственным дождем ДМ, принимается – 0,13-0,17 мм/мин. В соответствии с агротехническими требованиями диаметр капель должен быть не более 1-2 мм.

Для сельскохозяйственных культур наиболее благоприятен дождь $d=0,4-0,9$ мм. Слой осадков за один проход [4].

$$h = 10 \cdot V/F \cdot D_n, \quad (3.11)$$

где D_n – число проходов машин; V – объем воды в дождемере, см³.

Слой осадков составляет 10 мм. Для утилизации оросительной воды принимаются 2 круговые ДМ: с радиусом 490 м и производительностью 300 м³/час; и одна – радиусом 730 м производительностью 600 м³/час.

Требовалось из химических анализов установить влияние утилизации жф на МСП почвы при орошении дождеванием кукурузы на зерно.

Схема опыта утилизации жф дождеванием.

1. Образцы почвы отбирались по диагонали поля Р13 (кластер 11) через равные расстояния почвенным буром из пахотного слоя 0-0,20 и 20-40 м. Было отобрано 10 проб, где из смешанной пробы было отобрано 3 средневзвешенных образца почвы, по которым находился химический состав исходной почвы до утилизации жф (таблицы 3.3, 3.4).

2. В течение 3-х лет на поле Р13 после утилизации жф по методике п.1 находился химический состав макроэлементов и гумус в слое почвы 0-0,20 и 0,20-0,40 м.

3. Выполнялся анализ изменения мелиоративного состояния почв после утилизации жф по сравнению с начальным состоянием опытного участка до утилизации жф.

3.5 Обоснование пригодности утилизации оросительной воды дождеванием

Выполняется контроль над мелиоративным состоянием почв при утилизации ОВ на агроландшафтах. Жф стоков при утилизации на мелиоративной системе разбавляется природной водой источника орошения в соотношении 1:7-1:12 [49].

Результатом смешения воды источника орошения и жф получается ОВ, качество которой можно оценить индикаторами, разработанными М. Ф. Будановым (С.Я. Безднина [15]) (таблица 3.8).

Таблица 3.8– Показатели и критические индикаторы для оценки ОВ

Показатели качества оросительной воды	Размерность	Критический индикатор
Минерализация	г/л	1
Na^+/Ca^{2+}	мг экв/л	$\leq 1,0$
$Na^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$	мг экв/л	$< 0,7$
$\Sigma \text{ солей}/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$	мг экв/л	≤ 4
pH	-	6,5 – 7,5

После смешения жф с водой источника орошения выполняется контроль индикаторов качества оросительной воды, которая поступает на поля для утилизации дождевальнoй техникой. По качественным показателям определяется ПОВ для орошения сельскохозяйственных культур.

Подготовленная ОВ по суммарному содержанию токсичных солей и предотвращению процессов осолонцевания почва должна отвечать мелиоративным требованиям после её орошения. При снижении общей минерализации солей в почве уменьшается общее содержание катионов Na^+ и Ca^{2+} и увеличивается содержание HCO_3^- , что создает опасность образования соды, которая ведет к снижению водопроницаемости почвы. При утилизации жф в почвенном растворе появляются свободные ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , SO_2^- , заряженные или нейтральные ионные ассоциации, а также свободные молекулы H_2O , H_2SO_4 . Под воздействием ОВ в почве образуется новый состав почвенного раствора – формируется новое состояние агроландшафтов, наступают процессы осолонцевания и снижения водопроницаемости почвы.

Одними из индикаторов контроля над МСП будет степень деградации почв опытного участка по опасности осолонцевания (таблица 3.9).

Для контроля над МСП при утилизации ОВ приняты показатели и критические индикаторы, которые служат комплексной оценкой процесса утилизации жф на агроландшафтах (таблицы 2.14, 2.15) [15, 59].

В последнее время используют также натриевое адсорбционное отношение (показатель адсорбируемости натрия – ПАН) – в латинской транскрипции – SAR. По этому показателю оценивают качество оросительной воды с точки зрения опасности осолонцевания почвы и снижения её водопроницаемости.

Таблица 3.9 – Критические индикаторы при утилизации ОБ на агроландшафтах, мг экв/л

№№ п/п	Показатели	Критический индикатор	Класс опасности
1	pH	$6,5 < I_{кр} < 7,5$	Не определяется
2	Хлоридное засоление - Cl ,	2	1-й класс, неопасный
3	Натриевое осолонцевание Na^+/Ca^{2+}	1,5	2-й класс, малоопасный
4	Магниевое осолонцевание Mg^{2+}/Ca^{2+}	1,0	2-й класс, малоопасный
	SAR (<i>sodium adsorption ratio</i>)	10	2-й класс, малоопасный
6	$Na^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$,	0,7	2-й класс, малоопасный
7	$\Sigma S_T \sqrt{(Ca^2 + Mg^2)}$,	4	2-й класс, малоопасный

S_T – содержание токсических солей в почве

Оценка солевого состава оросительных вод для предупреждения натриевого осолонцевания почв проводится по формуле SAR_y [15]:

$$SAR_y = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(M+P)}{M} \times (Ca+Mg+K+NH_4) \times 0,5}}, \quad (3.12)$$

где Na , Ca , Mg , K , NH_4 – концентрации данных катионов в поливной жидкости ОБ (животноводческие стоки + природная вода источника орошения), мг-экв/л.

При этом ионы K и NH_4 вносятся в дозах не более выноса урожаем и за годовой цикл рассматриваются как физиологически кислые соли, обеспечивающие выделение иона водорода, который обладает большей коагулирующей способностью, чем Ca и Mg , и активизирует Ca и Mg алюмосиликатов и карбонатов почв;

Допустимые значения SAR_y для конкретных почвенных условий можно рассчитать по формулам, как для наиболее приемлемых уровней вероятности осолонцевания:

- малая солонцеватость:
$$SAR_{MB} = \frac{1400}{HB_{50}+40}; \quad (3.13)$$

$$\text{- средняя солонцеватость: } SAR_{CB} = \frac{2160}{HB_{50}+40}. \quad (3.14)$$

При этом величина HB_{50} является пропорциональной величиной емкости поглощающего комплекса (ППК).

Для оценки ОВ определяется содержание в почве участка вредных солей, которые ухудшают МСП. Допустимое суммарное содержание токсичных солей в почве рассчитывается по формуле:

$$C_{дт} = 10 \cdot (M+P/M) \cdot (200/HB_{50}), \quad (3.15)$$

где $C_{дт}$ – допустимое содержание суммы токсичных солей без учета $CaSO_4$ и солей, содержащих ионы K^+ , NH_4^+ и PO_3^{-3} , мг-экв/л; 10 – то же для экстремально засушливых условий России тяжелосуглинистых почвах, мг-экв/л; M – среднемноголетняя средневзвешенная по севообороту оросительная норма (жф + ИО) нетто, мм; P – среднемноголетние атмосферные осадки, мм; 200 – средняя наименьшая влагоемкость (HB) тяжелосуглинистых почв для слоя 0–50 см, мм; HB_{50} – то же для почв конкретного объекта, мм.

Для пересчета концентрации суммы токсичных солей из размерности мг-экв/л в г/л можно применять примерный коэффициент 0,067; для ориентировочного расчета общей суммы солей по концентрации суммы токсичных солей (в мг-экв/л или г/л) последнюю можно умножать на коэффициент 1,5.

При использовании ОВ для орошения сельскохозяйственных культур необходимо строго соблюдать санитарно-гигиенические и ветеринарные требования, направленные на охрану окружающей среды от загрязнения, охрану здоровья. Оросительную воду допускается использовать на орошение после дегельминтизации в системе подготовки, шести суточного гарантирования при условии, если за указанный период на комплексе не будет зарегистрировано инфекционных заболеваний животных.

ВЫВОДЫ по разделу 3

1. Разработана методика эксперимента, которая определяет мелиоративное состояние участка до и после утилизации ОВ дождеванием.

2. Обоснован способ приготовления жф навозных стоков шнековыми сепараторами, которые при влажности подготовленных стоков 83,5 % позволяют эффективно разделять стоки на жидкую и твердую фракции.

3. Аналитические зависимости для определения параметров технологических процессов операторной модели для трёх подсистем, которые использовались для оценки технологии утилизации жф на опытном участке.

4. Обоснована схема утилизации жф дождеванием на опытном участке и методика выполнения эксперимента. Определялся основной химический состав и водной вытяжки почвенного покрова опытного участка площадью 254,3 га до и после утилизации жф.

4. Обоснован качественный состав воды источника орошения – Новокубанского канала, который учитывался при разбавлении жф. Даны критерии пригодности ОВ по натриевому осолонцеванию почв, которые будут использоваться для выполнения контроля над мелиоративным состоянием почв опытного участка 254,3 га.

4 ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОПЕРАТОРНОЙ МОДЕЛИ

4.1 Разработка операций подготовки и разделения навозных стоков

ЖК ООО «Союз-Агро» специализируется на выращивании молодняка КРС Калмыцкой породы возрастом 6-12 месяцев и старше. В хозяйстве содержится 5 тыс. голов и применяется стойлово-выгульная схема содержания животных. Навозные стоки состоят из экскрементов животных, технологической воды, остатков кормов и посторонних примесей.

Навоз от КРС поступает в ж/б накопитель. Накопитель навоза в виде канала прямоугольной формы выполняется с уклоном 0,05 и устраивается по периферии фермы, примыкающей к выгульным площадкам. Накопитель для навоза представляет собой железобетонный канал переменной глубины с максимальной глубиной в конце 3,2 м. Накопитель оснащается сеткой, выполняющей роль фильтра для перехвата твердых крупных включений. Размер ячеек сетки 2х2 мм, сетка устраивается по всей ширине накопителя. Накопитель имеет размеры 60×10х2,5 м, которые обоснованы технологической схемой работы бульдозера. Строительный объем накопителя составляет –1500 м³. Технологический объем – 1300 м³. Удаление твердых включений и шерсти животных производится механически.

На рисунке 4.1 представлен накопитель, в котором работает бульдозер для перемещения навоза к фильтру.



Рисунок 4.1–Накопление навоза в ж/б канале

Для увлажнения навоза в накопителе используется вода Новокубанского канала. Годовой выход навозных стоков определяется их объёмом по формуле:

$$V_{\text{год}} = V_{\text{э}} + V_{\text{в}} + V_{\text{вкл}}, \quad (4.1)$$

где $V_{\text{э}}$ – объём экскрементов, м^3 ; $V_{\text{год}}$ – объём используемой воды, м^3 ; $V_{\text{вкл}}$ – объём твердых включений м^3 .

Объём накопителя определяется из расчета выхода экскрементов для 2-х групп молодняка КРС - молодняк на откорме 6-12 мес. – 2,5 тыс. голов, и молодняк старше 12 месяцев – 2,5 тыс. голов при среднем выходы экскрементов – 26 кг и 35 кг, соответственно. Расчет выхода экскрементов дан в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Расчет выхода экскрементов для 2-х групп молодняка

Наименование показателей	Количества молодняка КРС, тыс. гол.	Количество экскрементов, кг			Выход, м^3	
		кал	моча	всего	в сутки	в год
Молодняк на откорме 6-12 мес.	2,5	14	12	26	65	23725
Молодняк на откорме свыше 12 мес.	2,5	23	12	35	87,5	31967,5
Всего	5,0	-	-	-	152,5	55662,5

Принимается расход технологической воды – 0,75 л на 1 л экскрементов.

Природная вода подаётся из источника орошения Новокубанского канала и в дальнейшем войдет в состав навозных стоков за вычетом потерь. Для подачи необходимого расхода воды из оросительного канала определяется секундный расход, принимая норму воды на 1 м³ 0,75 л/л экс.

$$Q_{\text{в}} = (65 + 87,5) \times 0,75 / 24 \times 3600 = 0,00133 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Принимается диаметр подающего трубопровода из п/э 160 мм для разбавления навозных стоков с учётом потери напора.

На рисунке 4.2 приводится технологическая операция разбавления и повышение влажности навоза для снижения потерь энергии на перемещение навоза по ложу бетонного канала бульдозером (ДТ-75).



Рисунок 4.2 – Процесс разбавление навоза водой источника орошения и подготовка к процессу гомогенизации навозных стоков

Навоза разбавляется до 92-94 % влажности. Этот процесс обеспечивает ускорение перемещения навоза фекальным насосом с крыльчаткой С М80-50-200/4к мощностью 34 кВт к усреднителю размером 6,2х6,2х4,8 м для выполнения процесса гомогенизации миксером-гомогенизатором ТМ V 9/4N максимальной мощностью 9 кВт. Установлен объём воды для разбавления навоза, который приводится в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Объем воды для процесса разбавления навоза

Наименование показателей	Количество экскрементов в сутки, м ³	Норма воды, л/л экс.	Объем используемой воды, м ³	Объем используемой воды в год, м ³
Молодняк на откорме 6-12 мес.	65,0	0,75	48,8	17812
Молодняк на откорме более 12 мес.	87,5	0,75	65,8	23944
Всего	-	-	114,6	41756

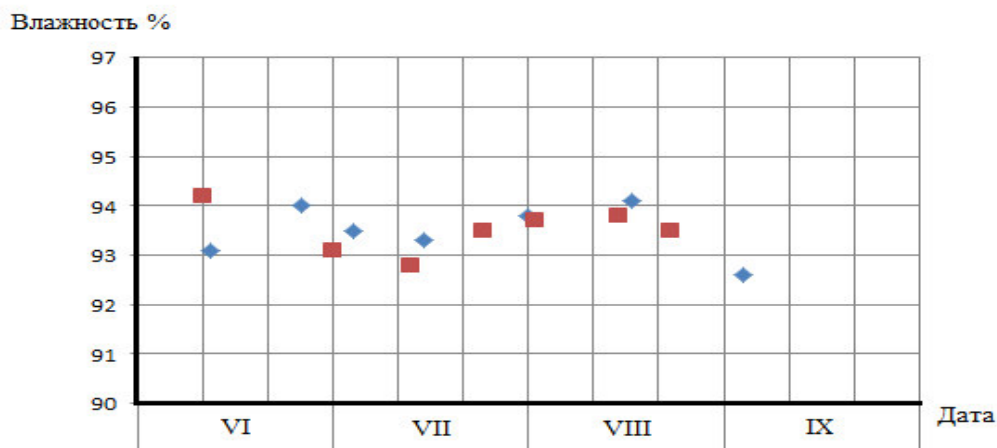
Объем воды для разбавления экскрементов составляет – 114,6 м³сут. Объем твердых включений колеблется от 1 до 6,2 м³, что в среднем будет – 3,1 м³. Объем используемой воды с включениями, составляет – 117,5 м³. При содержании двух групп животных: молодняка на откорме более 12 месяцев и молодняка на откорме 6-12 месяцев расчетом определяется объем навозных стоков, который даётся в таблица 4.3.

Таблица 4.3 – Объем навозных стоков, м³

Наименование показателей	Экскременты		Вода		Всего	
	в день ³	в год ³	в день	в год	в день	в год
Молодняк на откорме 6-12 мес.	65	23725	50	18250	115	41975
Молодняк на откорме более 12 мес.	87,5	31937,5	67,5	24637,5	155	56575
Всего	152,5	55662,5	117,5	42887,5	270	98550

Ежегодно средний объем навозных стоков составляет 98,55 тыс. год.

Выполнен контроль влажности навозных стоков в 2019-21 гг. в период вегетации культур. Влажность определяется в гомогенизированных стоках полидисперсной системы прибором ВИМС-1У в 5-ти кратной повторности. Влажность в точках отбора проб была одинаковой по всему объему, т.к. навоз превращался в гомогенизированные стоки и зависела только от периода вегетации культур севооборота. Результаты исследований приводятся на графике (рисунок 4.3).



- влажность стоков в 2019 г.; - влажность стоков в 2020 г.;

Рисунок 4.3 – Зависимость влажности навозных разбавленных и гомогенизированных стоков от периода отбора проб

Влажность стоков по периоду вегетации культур изменялась незначительно и находится в диапазоне 92,8-94,2 %. Средняя влажность навозных стоков по опытным данным составляет 93,4 %, которая используется для управления параметрами операторной модели утилизации жф.

Определяется массовая доля сухого вещества в экскрементах.

$$P = 2780 \times 2500 + 4300 \times 2500 = 17700000 \text{ г} = 17,7 \text{ т.}$$

Массовая доля сухого вещества, составит – 17,7 т, тогда:

$$C_s = 17,7 / 152,5 = 0,116 \text{ или } C_s = 11,6 \%$$

Находится влажность экскрементов, которая будет:

$$W_s = 100 - C_s = 100 - 11,6 = 86,4 \%$$

Определяется средневзвешенная расчётная влажность навозных стоков:

$$W_H = (V_s \times W_s + V_B \times W_B) / (V_s + V_B).$$

$$W_H = (152,5 \times 86,4 + 117,5 \times 100) / 270 = 93,5 \%$$

Для управления параметрами технологических процессов влажность стоков принимается 93,5 %. Массовая доля сухого вещества в навозе, будет:

$$C_H = 100 - W_H = 100 - 93,5 = 6,5 \%,$$

4.2 Обоснование количества биогенных элементов в навозных стоках

Технология выполняет основные функции: транспортирование водных потоков, обогащенных питательными веществами для создания питательной среды для растений в почве агроландшафта, которую создаёт дождевальная машина [11, 12].

В таблице 4.4 представлено содержание питательных веществ для растений в жидком навозе 5,0 тыс. голов молодняка КРС на откорме.

Таблица 4.4 – Среднее содержание питательных веществ в навозе

Молодняк КРС	Питательные вещества, %		
	Азот	Фосфор	Калий
29.06.2019	0,76	0,34	0,83
07.09.2020	0,70	0,50	0,69
22.08.2021	0,72	0,48	0,74
Среднее	0,73	0,44	0,76
В пересчете на сухое вещество (среднее)	2,3 мг/дм ³	1206 мг/дм ³	6651 мг/дм ³

Как видно, из данных таблицы 4.4 содержание биогенных веществ в навозных стоках по годам эксперимента остаётся примерно одинаковым. Это связано с содержанием и кормлением кров Калмыцкой породы в одинаковых условиях, где преобладающим элементом является калий.

Количество биогенных веществ в экскрементах определяется делением количества азота, фосфора и калия на суточный выход. Разбавление экскрементов водой вызывает изменение массовой доли каждого элемента. Химический состав навозных стоков определяется по формулам:

$$B_3 = (100 - W_H) / (100 - W_3), \quad (4.2)$$

$$B_H = B_3 (C_H / C_3), \quad (4.3)$$

где B_3 , B_H – массовая доля биогенных веществ в экскрементах и навозе, % к натуральному веществу; C_3 , C_H – массовая доля сухого вещества соответственно в навозе и экскрементах, % к натуральному веществу.

Химический состав биогенных элементов в экскрементах находится в смешенных пробах, как среднеарифметическое, которые отбирались в 3-х точках объема гомогенизированного навоза. По химическому составу проб навозных стоков в вегетационный период находилось содержание биогенных элементов в экскрементах КРС (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Концентрация биогенных веществ в экскрементах, мг/кг

Биогенные элементы	Количество голов, тыс.	Количество экскрементов, м ³	Содержание на 1 голову, г/г	Выход в сутки, м ³	Концентрация биогенных элементов, мг/кг
Азот	5,0	152,5	95,75	478,75	3139
Фосфор			55,25	276,25	1817
Калий			99,45	497,25	3260
СаО			54,55	272,75	1798
Всего			-	1525,00	-

Установлена концентрация биогенных веществ в экскрементах на 1 голову: азот – 95,75 г; фосфор P₂O₅ - 55,25 г; калий K₂O – 99,45 г, СаО = 54,55 г.

Массовая доля сухого вещества в экскрементах C_э = 11,6% при влажности экскрементов W_э = 86,4%.

В объёме экскрементов массой M_э = 152,5 м³ содержится биогенных элементов:

$$N = 478,75 \text{ кг. } P / P_2O_5 = 276,25 \text{ кг. } K / K_2O = 497,25 \text{ кг и } CaO = 272,75 \text{ кг}$$

При добавлении воды в экскременты изменяется концентрация биогенных элементов в объеме 117,5 м³. Разбавление экскрементов водой вызывает изменение массовой доли биогенных элементов пропорционально добавленной воды:

$$B_э = (100 - W_н) / (100 - W_э), \quad B_н = B_э (C_н / C_э), \quad (4.4)$$

где B_э, B_н – массовая доля биогенных элементов, соответственно в экскрементах и навозе, %; C_э, C_н – массовая доля сухого вещества, соответственно в экскрементах и навозе, %.

Количество биогенных элементов в навозных стоках и дефицит влаги выполняются по формуле (3.3) и результаты приводятся в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Расчет объема биогенных элементов в экскрементах и навозе

Биогенные элементы	Количество биогенных элементов в экскрементах, кг	Бэ	Количество биогенных элементов в навозе, кг
Азот	478,75	0,544	260,515
Фосфор	267,25	0,55	150,242
Калий	497,25	0,544	270,550
СаО	272,75	0,550	150,218
Всего	1525,00	-	831,525

Установлено количество биогенных элементов в навозе, которое составляет: N = 260,515 кг, P /P₂O₅ = 150,242 кг, K /K₂O = 270,550 кг и СаО = 150,218 кг. Суммарное количество биогенных элементов в навозе будет – 831,525 кг. Определяются количество и концентрация биогенных веществ после разбавления навоза водой по формуле (3.3) при C_н/C₃ = 0,56. Получены количество биогенных элементов после разбавления и их концентрация в навозе, которая приводятся в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Определение количества и концентрации биогенных элементов после разбавления водой при C_н/C₃ = 0,56

Биогенные элементы	Количество биогенных элементов в навозе, кг	C _н /C ₃	Количество биогенных элементов после разбавления в навозе, кг	Концентрация биогенных веществ в экскрементах, мг/кг
Азот	260,515	0,56	145,888	540
Фосфор	150,242		84,135	312
Калий	270,550		151,508	561
СаО	150,218		84,120	312
Всего	831,525		465,651	-

В результате технологических операций накопления и разбавления водой получается характеристика навозных стоков:

C_н – массовая доля сухого вещества в навозе - 6,5 %.

W_н – влажность навоза - 93,5 %.

Установим баланс биогенных элементов до и после разбавления водой навозных стоков, который приводится в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Баланс биогенных элементов в навозе, кг

Биогенные элементы	Количество биогенных элементов после Бэ	Количество восстановленной влаги	Количество биогенных элементов после разбавления	Избыток влаги после разбавления	Количество на образование K_2O
Азот	260,515	7,583	145,888	51,872	-
Фосфор	150,242	2,557	84,135	68,004	-
Калий	270,550	8,316	151,508	116,016	280,821
CaO	150,218	2,519	84,120	66,098	-
Всего	831,525	20,975	465,651	-20,975	-

Баланс биогенных элементов в навозе показывает, что при разбавлении водой источника орошения содержание биогенных элементов в навозе снизилось: N = 145,888 кг, P / P_2O_5 / = 84,135кг, K / K_2O / = 1601 кг, CaO = 84,120 кг.

При этом установлено, что в жидкой фракции навоза содержание сухого вещества не превышает $C_{ж} = 3,38 \%$; сухого вещества в твердой фракции – $C_0 = 35 \%$ и сухого вещества в навозе – $C_{н} = 6,5 \%$.

4.3 Разработка операции гомогенизации и разделения навоза на фракции

Разделение навоза на фракции выполняется в усреднителе железобетонного резервуара, объем которого устанавливается из расчета превращения навоза в гомогенизированную полидисперсную систему. Самотеком навоз поступает в резервуар размером в плане 6,2×6,2 м и глубиной 4,8 м.

В резервуаре объемом 184,5 м³ полидисперсная система для исключения осаждения взвешенных веществ на дно постоянно перемешивается с помощью миксера–гомогенизатора TMV 9/4N. Погружным насосом PTS9-100 произво-

дительностью $Q = 130 \text{ м}^3/\text{ч}$ и напором $H = 10 \text{ м}$ гомогенизированная полидисперсная система подаётся на сепаратор SB-780/0,75, который разделяет полидисперсную систему на жф и тф. Процесс гомогенизации дан на рисунке 4.4.



Рисунок 4.4 – Процесс гомогенизации

Для процесса разделения полидисперсной системы на фракции принимается шнековых сепараторов с ячейкой сита 0,75 мм. Сепаратор с ячейкой 0,75 мм обеспечивает отделение до 80% твердых составляющих из полидисперсной системы навоза. Шнековый сепаратор SB780/0,75 производительностью – $50 \text{ м}^3/\text{час}$ устанавливается в сепараторной станции (рисунок 4.5).



Рисунок 4.5 – Выполнение процесса сепарации на станции SB-780 для получения жф и тф

При разделении навозных стоков на фракции сухое и биогенное вещества перераспределяются, образуя две субстанции, отличающиеся физико-химическими и химическими свойствами.

Разделение на фракции выполняется SB780/0,75 и рассматривается как механический процесс, при котором отсутствуют потери вещества, поэтому выход жидкой и твердой фракций определяется по формулам (3.2 и 3.3):

$$Q_{жф} = M_n (C_o - C_n)/(C_o - C_{жф}), \quad (4.5)$$

$$Q_{тф} = M_n (C_n - C_ж)/(C_o - C_{жф}), \quad (4.6)$$

где M_n – объем навозных стоков ($M_n = 270 \text{ м}^3$), м^3 ; $Q_{жф}$, $Q_{тф}$ – объем исходных навозных стоков, жидкой фракции и твердой фракции, кг.

Объем жф в сутки после разделения составит:

$$Q_{жф} = 270 (35-6,5)/(35-3,38) = 243 \text{ м}^3,$$

$$Q_{тф} = 270 (6,5-3,38)/(35-3,38) = 27 \text{ м}^3$$

Определяется концентрация биогенных элементов после разделения навоза на фракции. При разделении навоза на фракции биогенные элементы переходят как в жидкую, так и твердую фракцию. Концентрации биогенных элементов на выходе из сепаратора SB780/0,75 в МБР находятся из формул (3.5) – (3.8):

$$N_a = M_a \cdot (0,8 \cdot (C_{жз}/C_n + 0,43 (100-C_{жз})/(100-C_n)) = 540 \cdot (0,8 \cdot (3,38/6,5) + 0,43 \cdot (100-3,38)/(100-6,5)) = 478 \text{ мг/дм}^3. N_p = 312 C_{жз}/C_n = 312 \cdot (3,38/6,8) = 84,1 \text{ мг/дм}^3. N_k = 1601 \cdot ((100-3,8)/(100-6,5)) = 1654 \text{ мг/дм}^3.$$

Концентрация биогенных элементов в биореакторе: $N_a = 523 \text{ мг/дм}^3$;
 $N_p = 84,1 \text{ мг/дм}^3$; $N_k = 1654 \text{ мг/дм}^3$; $N_{CaO} = 156 \text{ мг/дм}^3$

Определяется объем накопителя (биореактора) по объему жф при 6 месячном выдерживании с осветлением 70% и влажностью осадка 92% по формуле (3.4):

$$C_{ж1} = (1-0,006 \cdot 70) \cdot 3,38 = 1,96\%$$

Объем V осадка в накопителе равен $243 - 230 = 13 \text{ м}^3$

Таким образом, концентрация биогенных элементов отстоя в биореакторе, составит:

$$N_a = 478 \cdot (0,8 \cdot (1,96/3,38 + 0,43 (100-1,96)/(100-3,36))) = 425 \text{ мг/дм}^3$$

$$N_p = 84,1 \cdot (1,96/3,38) = 48,76 \text{ мг/дм}^3$$

$$N_k = 1654 \cdot (100-1,96)/(100-3,38) = 1675 \text{ мг/ дм}^3$$

$$N_{CaO} = 156 \text{ мг/м}^3$$

Годовая норма внесения жф на агроландшафты из биореактора с водой источника орошения выполняется по формуле:

$$M_i = (10^3 B K_B K_{II}) / N_{a p k} , \quad (4.7)$$

где B – вынос $NPК$ урожаем кукурузой на зерно, кг/га; K_B - коэффициент возмещения выноса биогенных элементов; K_{II} – коэффициент, учитывающий потери биогенных элементов при дождевании.

Расчетная норма определяется по азоту, которая будет:

$$M_N = (10^3 166 1,25 0,85) / 523 = 337 \text{ м}^3\text{га}.$$

4.4 Разработка операции биологической очистки жидкой фракции на механических биореакторах

Процесс биологической очистки выполняется на механическом биологическом реакторе (МБР), объем которого устанавливается на полугодовое хранение жф, поступающей после процесса сепарации. Биологическая очистка проводится в процессе окислительно-восстановительной реакции жф с кислородом воздуха в течение всего периода хранения жф.

При устройстве биореактора используется специальное пленочное покрытие, которое является противofильтрационным экраном. Покрытие биореактора состоит из двух слоев: защитного слоя нетканого геотекстиля, выполненного из 100 % полипропилена с прочностью на статический прокол более 4 кН и изоляционного покрытия из геомембраны, изготовленной из полиэтилена высокой плотности, с добавлением сажи, антиокислителей, стабилизаторов высокой температуры. При хранении жф поверхность МБО покрывается пленкой.

Для процесса аэробно окислительно восстановительного процессе, протекающего в биореакторе, принята геомембрана компании *Solmax*. Геомембрана *Solmax 460*, толщиной 1,5 мм устойчива к воздействию агрессивных химических веществ и ультрафиолетового излучения, имеет высокую прочность и долговечность.

Пленочные хранилища жидкой фракции навоза обладают рядом преимуществ по сравнению с хранилищами, изготовленными из других материалов: обеспечивают противofильтрационный барьер; надежно защищает от утечки жф за пределы хранилищ; возможность совмещения в одном сооружении функций хранения и обеззараживания; простота устройства и монтажа отдельных узлов и сооружения в целом; стоимость пленочных резервуаров более чем в 2,0-2,5 раза ниже аналогов из бетона и металла; длительный срок службы, обеспеченный инертностью пленок к агрессивным средам;

Для нейтрализации CO_2 и обеззараживания в биореакторе жидкой фракции предусматривается устройство дополнительной аэрации. Устройство для аэрации представляет собой плавающий понтон с мешалкой и воздуходувкой. При первоначальном наполнении резервуара жидкой фракции требуется одна аэрационная установка. При полном заполнении резервуара жф необходимо две аэрационные установки. Технологический процесс хранения жф в биореакторах обеспечивает перемешивание культуральной среды воздушными струями в процессе микробиологического синтеза.

Годовой объём МБР установлен из годового поступления навозных стоков с фермы при выращивании 5 тыс. КРС на откорме. Для управления процесса утилизации жидкой фракцией навоза операторной моделью на ферме устроено 2 резервуара объемом каждый по 42,0 тыс. м³ нетто.

Строительный объем биореакторов составит – 45,0 тыс. м³. На рисунке 4.6 представлен МРБ, который принимает жф для утилизации на агроландшафтах.



Рисунок 4.6 – Построенный биологический реактор в ООО «Союз-Агро» для накопления и окисления жф

Необходимое давление компрессора и объем воздуха рассчитываются для выполнения процесса барботаж в МБР из объема хранения жф. Принимается 2 винтовых компрессора фирмы Abak SPINN 7,5X-0,8FM производительностью 1140 л/мин, давлением на выходе 0,8 МПа, мощностью 7 кВт. Жф из МБР после окисления воздухом направляются в трубопроводную оросительную сеть, которая разбавляется и доставляет к дождевальным машинам.

Устройство биореакторов позволяет обеспечить ликвидацию лагун в пределах территории ЖК, перейти на новый технологический уровень подготовки жф к утилизации, а также за счет реконструкции расширить места содержания животных в пределах территории фермы.

4.5 Методика расчета технологической операции переработки жидкой фракции в механическом биореакторе

Биореакторы приняты комбинированного типа — аэробно-анаэробные. В технологии утилизации жф разработаны механические биореакторы закрытого типа пленкой, которые могут работать как в периодическом, так и в непрерывном режиме. При работе в периодическом режиме воздух подаётся периодически – циклами. Оборудование для непрерывных процессов может относиться как к реакторам идеального смешения, так и идеального вытеснения.

Объем МБР рассчитывается из общего времени производственного цикла при подготовке жф к утилизации дождеванием, который принят полугодовым циклом. Цикл подготовки жф соответствует периоду вегетации сельскохозяйственных культур, который согласовывается с периодом утилизации жф дождеванием.

Объем МБР с учетом нагрузки по органическим веществам по М. Хамеру определяется по формуле:

$$V_1 = T(Q a_2 + Q_{oc} a_3) / a_1 - V_2, \quad (4.7)$$

где T – время возраста ила в зависимости от наполнения биореактора, сут; Q – расход жф, м³/с; a_1 – концентрация ила по сухому веществу, г/л; a_2 – концентрация взвешенных веществ в чистой воде после биореактора, г/л; a_3 – концентрация органических веществ, поступающих в жф по БПК_п, г/л; Q_{oc} – расход осадка со дна биореактора м³/с; V_2 – объем дополнительного биореактора при необходимости.

Формула (4.7) применяется для предварительного определения объема биореактора для жф после сепаратора с учетом концентрации поступающих веществ и времени его наполнения.

Для аэробных процессов МБР разработан способ подачи воздуха, который обеспечивает дыхание микроорганизмов и протекания биохимических ре-

акций в диапазоне подачи 1–4 мг/л мин чистого кислорода. Для этого необходимо подобрать барботеры, воздушные фильтры, компрессоры и другое оборудование. Исходными данными для проектирования систем барботажа является определение среднего расхода газа (воздуха) в процессе микробиологического синтеза.

Рабочее давления компрессора для подачи воздуха в биореактор:

$$P = 1,2 \rho g H + P_{атм}, \quad (4.8)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; H – высота слоя жидкости в реакторе, м.

Расход воздуха компрессора определяется по формуле:

$$Q = k s P, \quad (4.9)$$

где Q – расход воздуха, м³/час; $k = 60$ — для реакторов с пневматическим перемешиванием; s – площадь сечения реактора, м².

После процесса сепарации образуются жидкие стоки и твердые отходы. Жф по трубопроводу от сепараторной станции поступают в биореактор. Давление компрессора и объем воздуха рассчитываются по формулам (4.8) и (4.9).

Для выполнения процесса барботажа в МБР принимается 2 винтовых компрессора Фирмы Abak SPINN 7,5X-0,8FM производительностью 1140 л/мин, 0,8 МПа, мощностью 7 кВт. Жф из МБО после окисления воздухом направляются в трубопроводную оросительную сеть, которая доставляет их к дождевальным машинам.

При помощи аэраторов жидкая фракция навоза насыщается атмосферным кислородом, необходимым для аэробного окисления органических загрязнений. При окислении аэробные микроорганизмы разлагают органическое вещество навоза на минеральные вещества (углекислый газ, воду, нитриты, сульфаты и фосфаты), одновременно образуя микробную массу (активный ил). При этом происходят следующие процессы: нагрев жидкой фракции до 45 °С;

дезодорация; обеззараживание – дегельминтизация; инактивация семян сорных растений.

Разработка табличного способа управления объём МБР

Для определения объема биореактора используется метод суточного регулирования резервуаров для утилизации жф дождеванием. Принимается за 100 % обеспеченность максимальная подача подготовленной жф на утилизацию. Суточная подача жф обеспечивается регулирующими емкостями – МБР

Предварительно регулирующей объем биореактора определяется по формуле:

$$V_p = V_{изб.} + V_{нед.} \quad (4.10)$$

где V_p – регулирующий объем, тыс. м³; $V_{изб.}$ – избыточный объём, тыс. м³; $V_{нед.}$ – недостающий объем со знаком (+), тыс. м³.

$$V_p = 50,4 + 33,6 = 84,0 \text{ тыс. м}^3/\text{год.}$$

Установлено, что ферма накапливает жф – 230 м³/сут. или 84 тыс. м³/год. Для хранения жф принимаем 2 МБР. Утилизация жф выполняется дождеванием в период вегетации культур севооборота с апреля по октябрь равными дозами по 14,0 тыс. м³/мес. (таблица 4.9).

Период накопления жф производится круглый год, а период сработки объёма жф выполняется в течение 6 месяцев. Разработаем диспетчерский график работы 2 –х МБР на год.

Методика расчёта показывает, что для непрерывного и круглогодичного поступления, накопления и сработки жф необходимо иметь 2 МБР объёмом каждый по 42,0 тыс. м³. Из биореактора жф по трубопроводу ПЭ 100 SDR 26 Ø160 × 6,2 ГОСТ 18599-2001 направляется в усреднитель 13.

Таблица 4.9 – График поступления и сработки объемов жф 2-х МБР

Месяц	Поступление жф в реакторы тыс.м ³ /мес.	Сработка жф, тыс.м ³ /мес.	Поступление и сработка. 1 реактор, тыс.м ³ /мес.	Поступление и сработка. 2 реактор, тыс.м ³ /мес.
1	7,0	-	31,5	10,5
2	7,0	-	35,0	14,0
3	7,0	-	42,0	14,0
4	7,0	14,0	42,0	21,0
5	7,0	14,0	28,0	28,0
6	7,0	14,0	14	35,0
7	7,0	14,0	0	42,0
8	7,0	14,0	7,0	28,0
9	7,0	14,0	14,0	14,0
10	7,0	-	21,0	0
11	7,0	-	24,5	3,5
12	7,0	-	28,0	7,0
-	100 %	100 %	-	-



поступление **сработка** **поступление и сработка**

4.6 Методика гидравлического расчета смешения жидкой фракции с природной водой

После выдерживания и процесса ферментации жф поступает к узлу смешения с природной водой.

Уравнение опорожнения жф из МБР записывается в виде:

$$F dz = q dt - Q dt , \quad (4.11)$$

где q – приток в МБР, м³/с; F –площадь МБР, м²; dz – приращение уровня в МБР (м) за время dt (с), м; Q – расход оттока, м³/с.

По уравнению (4.11) определяется время опорожнения МБР, которое должно соответствовать вегетационному периоду сельскохозяйственных культур. Жф разбавляется и смешивается с природной водой для получения ОВ и направляется по трубопроводу для утилизации дождеванием.

Процесс опорожнения происходит при переменном напоре и зависит от объёма резервуара и гидравлических характеристик трубопровода; коэффициента расхода μ и начального уровня жф в биореакторе. Резервуар биореактора выполнен в виде усеченной пирамиды с заложением откосов 1:1, объём которой приводится к объёму прямоугольника, и считается, что истечение наблюдается при малой вязкости жидкости, тогда можно принять $\mu = \text{const}$.

Во время вегетации поступления жф в биореактор нет, $q = 0$. Тогда из уравнения (4.11) находится время частичного опорожнения биореактора.

$$T = \frac{2F}{\mu\omega\sqrt{2g}} (\sqrt{z_1} - \sqrt{z_2}) , \quad (4.12)$$

где μ - коэффициент расхода трубопровода, подающего жф к узлу смешения; ω – живое сечение трубопровода, м²; z_1 и z_2 – уровни, верхний и нижний, м.

Время полного опорожнения из (4.12) при $z_2 = 0$, будет:

$$T = \frac{2F}{\mu\omega\sqrt{2g}} \sqrt{z} , \quad (4.11)$$

Опорожнение биореактора осуществляется через напорный трубопровод, который соединяется с магистральным трубопроводом через дозирующее устройство – дозатор в виде эжектора с краном, регулирующим подачу жф в магистраль. Диаметр напорного трубопровода, подающего жф к магистрали, рассчитывается по формуле:

$$D = 1,12 \sqrt{Q/v} , \quad (4.14)$$

где Q – расход, который подаётся в камеру дозатора из биореактора для получения необходимой концентрации оросительной воды (природная вода + жф), м³/с, v – средняя скорость жф в трубопроводе, которая находится в пределах 0,8-1,2 м/с.

Для определения расхода истечения из биореактора определяется коэффициент расхода μ для полиэтиленового трубопровода, который для короткого трубопровода находится по формуле:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\xi_{\text{вх}} + \lambda \frac{l}{d} + \xi_{\text{пов}} + \xi_{\text{вых}}}}, \quad (4.15)$$

где $\xi_{\text{вх}}$ – коэффициент сопротивления входа; λ – коэффициент трения; $\xi_{\text{пов}}$ – коэффициент на повороте трубы; $\xi_{\text{вых}}$ – коэффициент сопротивления на выходе из трубы в камеру дозатора.

По формуле (4.15) предварительно рассчитывается диаметр трубопровода. Принимается полиэтиленовый трубопровод SDR26 диаметром 160 мм и длиной 1200 м. Трубопровод прокладывается ниже глубины промерзания грунта.

Напор жф в МБР с учетом геодезической высоты составляет относительно узла смешения $z_l = 17,0$ м. Коэффициент расхода трубопровода 160 мм из формулы (4.15) при $\xi_{\text{вх}} = 0,5$; $\xi_{\text{пов}} = 0,5$; $\xi_{\text{вых}}$ и $\lambda = 0,018$ будет $\mu = 0,086$.

Время опорожнения МБР объемом жф 42000 м³ через трубопровод диаметром 160 мм определяется по формуле (4.13) и составляет 90 суток или 0,0058 м³/с. Расход жф на утилизацию дождеванием при необходимой технологической концентрации ОВ должен быть 1150 м³/сутки или 0,0133 м³/с, следовательно, необходимо увеличить расход до необходимого значения 0,0133 м³/с, который можно повысить установкой подкачивающего насоса или за счёт увеличения диаметра трубопровода SDR26 до 225 мм.

Для подающего жф трубопровода 225 мм из формулы (4.15), следует: $\mu = 0,101$. Время опорожнения биореактора из уравнения (4.13) составит не более 38,8 суток, что соответствует 8-10 технологическим поливам кукурузы на зерно во время её вегетации, при этом расход будет обеспечен – 0,0135 м³/с.

Следовательно, для подачи жф к дозатору необходим напорный полиэтиленовый трубопровод SDR26 диаметром 225 мм, длиной 1200 м, который обеспечивает подачу 0,0135 м³/с.

Состав основных машин для реализации операторной модели.

На основе исследований по технологическому составу операций ОМ разработан перечень машин и оборудования для переработки и утилизации навоза. Установлена мощность основных машин для управления операторной.

Таблица 4.10 – Машины и устройства для реализации операторной модели

Машины и устройства	Машины	Мощность	Характеристики	Примечание
Трактор, класс 3	ДТ-75	70 кВт	Гусеничный	Бульдозер
Накопитель для перемещения навозных стоков	1300 м ³	65х10х2,0 м ³	Прямоугольный с уклоном 0,05	Ж/бетон
Карантинная емкость	58,8 м ³	-	3,5х3,5х4,8	Ж/бетон
Фекальный насос с крыльчаткой	С М80-50-200/4	34 кВт	80 м ³ /час	Навозные стоки
Усреднительная ёмкость	184,5 м ³	-	6,2х6,2х4,8	Ж/бетон
Перекачка стоков насосом	PTS 4-80	4 кВт	130 м ³ /час	Навозные стоки
Миксер – гомогенизатор	ТМ V 9/4N.	9 кВт	130 м ³ /час	Полидисперсная система
Перекачка полидисперсной системы	PTS 9-100	10 кВт	130 м ³ /час	Полидисперсная система
Шнековый сепаратор	SB 780/0,75	2х5,5 кВт	50х2=100 м ³ /час	Разделение жф и тф
Резервуар для хранения жф – механический био-реактор	МБР – 2 шт.	42 тыс. м ³ -	Ёмкость 45 тыс. м ³	Геомембрана Solmax 400 – покрытие Tiptex BS25
Компрессор винтовой	Абак SPINN 7,5X-0,8FM	2х7 кВт	С перфорированными трубами	2 компрессора
Усреднитель ЖФ	18,9 м ³	2 м	3х3х2,1	Ж/бетон
Насос подкачивающий	ЕТО 4-80.	4 кВт	10 м ³ /час	жф
ИТОГО	-	93 кВт	-	-

Для реализации технологии непрерывной утилизации отходов дождеванием на агроландшафтах потребуется 93 кВт электроэнергии.

Операции по управлению смешения жф с природной водой.

Расход истечения жф из МБР принимается равным 0,0135 м³/с, при котором обеспечивается необходимая концентрация разбавления природной воды

жф. Для утилизации жф дождеванием коэффициент разбавления $K_p = 8,7$. Смешение природной воды с жф происходит полностью в магистральном трубопроводе, который подаёт ОВ в систему орошения на площадь 254,3га.

В нормативных документах [112, 120] по использованию животноводческих стоков для орошения сельскохозяйственных культур жф подаётся во всасывающий трубопровод НС, где она смешивается с природной водой и далее ОВ подаётся в оросительную систему по магистральному трубопроводу 500 мм [110, 111]. Данное мероприятие имеет существенные недостатки: при остановке работы НС необходимо оперативное прекращение подачи жф во всасывающие трубы насосов, т.к. жф будет загрязнять водоток, что ведёт к загрязнению окружающей среды.

Поэтому для получения ОВ необходимо применение эжекторов, которые будут подавать жф непосредственно в магистральный трубопровод. Работа эжектора основана на принципе вакуума в камере смешения, которая устанавливается на напорной части магистрали. В качестве дозатора применяется трубка Вентури, которая имеет ряд преимуществ: не требует дополнительной энергии для смешения потоков; использует энергию магистрального потока, создаваемую насосной станцией; устанавливается в любом удобном месте магистрали; не требует значительных затрат на эксплуатацию узла смешения.

В технологии принят наиболее простой вариант смешения жф с природной водой. Жф подаётся полиэтиленовым трубопроводом 225 мм непосредственно во всасывающий трубопровод насоса. На подающем трубопроводе устанавливается задвижка с электроприводом, который управляется автоматикой, при выключении насоса автоматически подаётся команда на закрытие задвижки.

ВЫВОДЫ по разделу 4

1. В операторной модели для выполнения технологии утилизации жф разработан состав технологических операций для непрерывной и круглодонной

подготовки и переработки животноводческих стоков в пределах ЖК. Получены параметры влажности стока и концентрации основных биогенных веществ (NPK) для каждой технологической операции на выходе, Определен состав основных машин по производительности и мощность для реализации технологии утилизации жф дождеванием (таблица 4.9).

2. Установлены геометрические размеры резервуара объемом 184,5 м³ для приготовления полидисперсной системы, а для разделения стоков на фракции обоснован шнековый сепаратор SB780/0,75

3. Установлен объём 2 МБР по 42,0 тыс. м³ для непрерывного приёма жф от 5 тыс. голов КРС на откорме. МБР устраивается в защитном плёночном экране в земляной выемке глубиной 10 м, что упрощает и сокращает срок их изготовления. Получен график сработки и наполнения МБР, который согласован с режимом орошения дождевания кукурузы на зерно.

4. Получена концентрация биогенных элементов жф в МБР, которая составляет: по азоту $N_a = 523$ мг/дм³, фосфору - $N_p = 84,1$ мг/дм³; калию - $N_k = 1654$ мг/ дм³ и $N_{CaO} = 236$ мг/м³.

5. Установлена годовая норма утилизации жф на мелиоративном опытном участке площадью 254,3 га, которая составила – 330 м³/га. С учётом данной нормы находится коэффициент разбавления жф природной водой и корректируется режим орошения дождеванием.

6. Установлено, что для полного опорожнения объёма МБР потребуется 6 месяцев в вегетационный период культур севооборота по трубопроводу диаметром 225 мм расходом жф 0,0133 м³/с.

7. Установлена мощность операторной модели технологии утилизации жф дождеванием на агроландшафтах площадью 254,3 га, которая складывается из суммарной мощности отдельных основных машин и составляет 93 кВт

5 УТИЛИЗАЦИЯ ЖИДКОЙ ФРАКЦИИ ДОЖДЕВАНИЕМ В СОСТАВЕ МЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ

5.1 Разработка режима орошения кукурузы дождеванием

Комплексная ресурсосберегающая круглогодичная технология утилизации жф дождеванием реализована в составе проекта мелиоративной системы ООО «Союз Агро» на площади 292,7 га кластера 11 (рисунок 5.1).

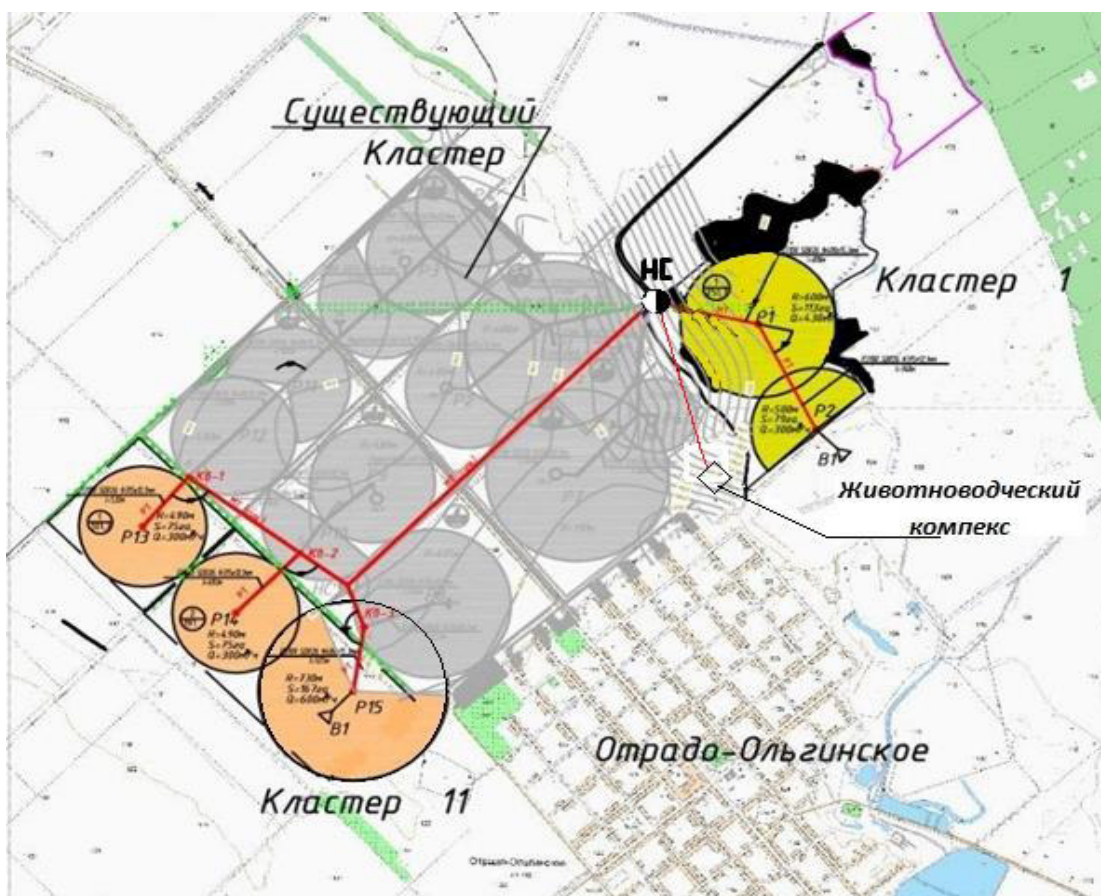


Рисунок 5.1 – Схема кластера № 11 в составе мелиоративной системы

Проект включает подачу воды из Новокубанского канала по системе подземных оросительных трубопроводов от дизельных передвижных насосных установок к опытному орошаемому участку мелиоративной системы. Основной магистралью служит полиэтиленовый трубопровод диаметром 500 мм, к

которому подключены участковые трубопроводы 250 мм 300 мм. Диаметр магистрали рассчитывается по максимальному расходу ДМ 900 м³/час. На опытном орошаемом участке применяются 3 круговых дождевальные машины Валей (Р13 – Р15). На опытных полях выращивалась кукуруза на зерно сорта Матрикс (кукуруза). На рисунке 5.2 приводится орошение ОВ кукурузы на зерно дождеванием на кластере 11. В качестве контроля служило поле Р12 кластера 11, на котором также установлена ДМ Валей.



Рисунок – 5.2 Орошение кукурузы ОВ дождевальной машиной Валей на опытном поле мелиоративной системы ООО «Союз-Агро»

Характеристика участка утилизации ОВ дождеванием с посевом кукурузы приводится в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Характеристика опытного участка утилизации жф

Мощность орошаемого участка	Ед. изм.	Параметры
Площадь, орошаемая за сезон, брутто	га	292,7
Площадь, орошаемая за сезон, нетто	га	254,3
Суммарный объем воды в том числе на орошение и объем жф	м ³	813760
	м ³	83919
Оросительная норма	м ³ /га	3200
Протяженность подземной оросительной сети	м	1750
Магистральный трубопровод SDR 26	мм	500
Расход магистрального трубопровода	м ³ /час	900
Суммарная мощность оборудования комплекса подготовки животноводческих стоков к орошению	кВт	93

При утилизации жф навоза преобладающим элементом является калий. Доза калия в оросительной воде (ОВ) повышенная – 115 кг/га. Поэтому в состав севооборота включается картофель ранний и поздний т.к. эта культура отзывчива к калийным удобрениям на орошении. Состав севооборота участка утилизации ОВ приводится в таблице 5.2, где даются основные биологические особенности сельскохозяйственных культур.

Таблица 5.2 – Основные биологические особенности сельхозкультур

Культура	Глубина активного слоя водопотребления H , м	Биологический коэф. K_b^* , м ³ /га/°С	Предполивная влажность почвы в долях от НВ	Период вегетации	
				начало	конец
Картофель ранний	0,5	0,93	0,80	II. III	I. VII
Картофель поздний	0,5	0,93	0,80	II. VII	I. X
Сахарная свекла	0,6	0,90	0,80	III. III	II. VIII
Кукуруза на зерно	0,7	0,96	0,75	II. IV	I. IX
Соя	0,5	0,92	0,75	III. IV	II. IX

*Биологический коэффициент принят для степной зоны по Н.В. Данильченко. В составе жф обнаружен избыток содержания калия, которой компенсируется во ведении в состав севооборота картофеля.

Рассматривается утилизация ОВ дождеванием на примере кукурузы на зерно. Срок посева кукурузы - 2 декада апреля, уборка -1 декада сентября. Процесс утилизации оросительной воды выполнялся на полях кластера 11 площадью 254,3 га, где выращивалась основная культура севооборота - кукуруза на зерно в течение 3-х лет (2019-21 гг.) в вегетационный период. Технология утилизации оросительной воды дождеванием при выращивании кукурузы выполнялась в течение 3-х лет по методике, описанной в разделе 3. На мелиоративном участке площадью 254,3 га определялась накопление и расходование макроэлементов и гумуса в почве пахотного горизонта под кукурузой.

Количество молодняка крупного рогатого скота на откорме было постоянным – 5,0 тыс. в течение 3.х лет. Рацион кормления животных практически не

менялся в течение проведения эксперимента, телята на откорме были одной и той же породы – «Калмыцкая».

В период исследований проводился выборочный мониторинг почвы участков мелиоративной системы кластера №11. В таблице 5.3 приводится характеристика участка орошения ОВ дождеванием кукурузы.

Таблица 5.3 – Характеристика участка севооборота с кукурузой

Основная культура	№ поля	Площадь посева, га	Площадь орошения	
			га	%
кукуруза на зерно	P13-P15	292,7	254,3	87

Поливная площадь участка круговыми ДМ составляет 87 %. Площадь, орошаемая одновременно, была 254,3 га нетто.

Разрабатывался режим орошения дождеванием оросительной водой основной культуры севооборота кукурузы для года 75 % обеспеченности осадками природно-климатических условий Гулькевичского района. Вегетационный период кукурузы на зерно начинается со второй декады апреля и продолжается по первую декаду сентября (таблица 5.2).

Для исследования влияния ОВ на мелиоративное состояние почв было выполнено разбавление жф водой источника орошения исходя из её нормы, которая формируется объёмом жф, находящейся в МБР при его опорожнении. Режим орошения разрабатывается по дефициту водопотребления кукурузы зерно для года 75 % обеспеченностью осадками, температурой и влажностью воздуха за 25-летний период наблюдений.

Определяется испаряемость по формуле П. П. Иванова [1, 2, 4, 8]:

$$E_0 = 0,0006(t + 25)^2 (100 - \alpha), \quad (5.1)$$

где E_0 - испаряемость за декаду, мм; t - среднедекадная температура воздуха $^{\circ}\text{C}$; α - относительная влажность воздуха, %.

Суммарное водопотребление E (мм) рассчитывается через величину испаряемости E_0 , скорректированную коэффициентами, учитывающим роль растений и микроклимата в расходовании воды орошаемым полем:

$$E = E_0 K_0 K_6, \quad (5.2)$$

где E_0 – испаряемость, мм; K_0 - микроклиматический коэффициент, характеризующий возможное изменение метеорологических факторов на сельскохозяйственном поле под влиянием орошения, для степной зоны, $K_0=0,93$; K_6 –биологический коэффициент для кукурузы, $K_6 = 0,96$.

Вычисляется дефицит водопотребления, как разница между суммарным водопотреблением за расчетный период и выпавших за этот период осадков.

Расчет дефицита водопотребления ведется по формуле:

$$\Delta W = 10(E - \mu P), \quad (5.3)$$

где ΔW - дефицит водопотребления, мм; E – суммарное водопотребление за вегетационный период, мм; μ - доля осадков (0,7); P – осадки за вегетационный период, мм.

Расчет дефицита водопотребления за вегетационный период для года расчетной обеспеченности выполняется в табличной форме, согласно методике [8]. Биологическая особенность кукурузы на зерно на планируемую урожайность 14 т/га приводится в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Биологическая особенность кукурузы на зерно

Культура	Глубина активного слоя водопотребления Н, м	Планируемая урожайность У т/га	Биофиз. коэф. К _б , м ³ /га/°С	Предполиваемая влажность почвы в долях от НВ	Период вегетации	
					начало	конец
Кукуруза на зерно	0,7	14	1,87	0,75	2.04	3.08

Запас влаги определяется на 1 га в расчетном слое по формуле:

$$W = 100 h \alpha r, \quad (5.4)$$

где W – запас влаги в почве, м³/га; h – расчетный слой почвы, м; α – объемная масса почвы, т/ м³; r - влажность почвы в процентах от ее сухого веса, %.

Находятся запасы влаги в почве опытного участка утилизации ОВ, которые приводятся в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Определение величины запаса влаги в почве

Культура	Глубина активного корнеобитаемого слоя h , м	Объемная масса α , т/м ³	Влагоемкость, %			Запасы влаги в почве, м ³ /га		
			Факт.	W_{max}	W_{max}	W_{max}	W_{min}	$W_{факт}$
			$r_{ф}$, %	$r_{НВ}$, %	$r_{мин}$, %			
Кукуруза	0,7	1,34	27,71	27,71	24,30	2600	2280	2600

Поливная норма – $m = W_{max} - W_{min} = 320 \text{ м}^3/\text{га}$.

Средние даты и сроки поливов определяются по интегральной кривой дефицита водопотребления. При вычислении оросительных норм с периодическим режимом поливов сельскохозяйственных культур применяется формула:

$$M = \sum E - \sum P - (\sum \gamma E + \sum f E + W_2), \dots \dots \dots (5.5)$$

где M – оросительная норма, м³/га; E – суммарное водопотребление, м³/га; μP – сумма продуктивных осадков за расчетный период, м³/га; γ – коэффициент влагообмена, учитывает капиллярный подток и непосредственное использование корнями растений влаги из слоев ниже расчетного ($\gamma = 0,15$); f – коэффициент инфильтрационных потерь влаги из расчетного слоя ($f = 0,10$); W_2 – объем влаги, потребляемой растениями из капиллярной каймы грунтовых вод, м³/га ($\sum W_2 = 0,05M$).

Число поливов определяется по интегральной кривой для среднесухого года 75 % обеспеченности, построенной по формуле (5.5). Оросительная норма для природной воды источника орошения составляет 3200 м³/га, число поливов 10 при поливной норме 320 м³/га.

Сроки и число поливов сельскохозяйственных культур, входящих в севооборот, определены по интегральным кривым дефицита водопотребления с учетом биологических особенностей сельскохозяйственных культур. Дефицит водопотребления определяется для среднесухого года 75 % обеспеченности за 25 лет по данным метеостанции г. Армавир.

Определяется расход дождевальных машин для утилизации ОВ. Расход ДМ опытном участке рассчитывается по формуле:

$$Q_M = \frac{m F}{T}, \quad (5.6)$$

где Q_M – расход ДМ, м³/ч; F – орошаемая площадь, га; T – время полива, час.

Полив кукурузы в сентябре не проводится, т.к. идет уборка урожая кукурузы на зерно. Количество поливов сокращается до 9 при увеличении поливной нормы до 355, 5 м³/га. На рисунке 4.2 представлен график утилизации ОВ дождеванием при поливе кукурузы.

Из графика поливов установлено, что потребуется максимальная подача воды на орошение кукурузы – 900 м³/ч. С учетом перемещения машин по площади полива 254,3 га получен график работы ДМ, который укомплектован. Вначале работает одна ДМ Р14, затем две одновременно ДМ Р13 и Р15 (рисунок 5.3).

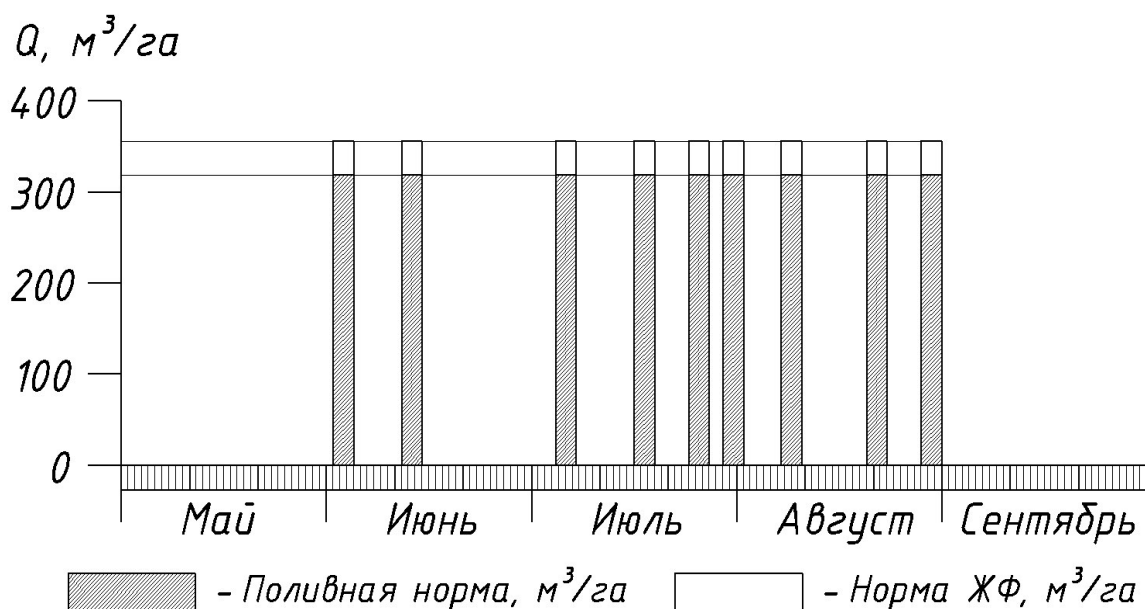


Рисунок 5.3 – График утилизации ОВ дождеванием при поливе кукурузы

Количество поливов, поливная норма и время поливов (режим орошения оросительной водой кукурузы дождеванием) определяют объём воды, который необходимо подать на мелиоративное поле по месяцам вегетационного

периода кукурузы. В таблице 5.6 приводится распределение объема воды по месяцам вегетационного периода кукурузы.

Таблица 5.6 – Распределение объема воды за вегетационный период кукурузы

Месяцы Вегетационного периода	Объемы воды при утилизации, м ³	Объем утилизации нараста- ющим итогом, м ³
апрель	–	–
май	56511	56511
июнь	124324	180835
июль	293858	474693
август	339067	813760
сентябрь	–	–
Итого	813760	813760

Объем потребности в оросительной воде для кукурузы на зерно составляет 813760 м³ (таблица 5.6). Этот объем включает объем природной воды, которую необходимо забрать из источника орошения и объем жидкой фракции. Вода из источника орошения подаётся в систему насосной станцией, А жф поступает во всасывающую трубу этой же насосной станции.

Оросительная норма ОВ кукурузы на зерно составляет 3200 м³/га. Годовая норма утилизации жф по азоту 330 м³/га. Принимаем годовую норму жф 330 м³/га. Месячная годовая норма утилизации жф составит $330/9 = 36,66$ м³/га.

Следовательно, поливная норма оросительной воды ($m_{ОВ}$), будет:

$$m_{ОВ} = 318,89 + 36,66 \approx 355,55 \text{ м}^3/\text{га},$$

где поливная норма источника орошения будет 318,89 м³/га

При этом оросительная норма кукурузы на зерно дождеванием ОВ останется прежней без изменения – $3199,95 = 3200$ м³/га. Принимается количество поливов 9 при поливной норме дождеванием 355,55 м³/га.

Объем, который забирается из источника орошения уменьшится на объём жф, который находится в МБР и составит – $813760 - 83919 = 729841 \text{ м}^3$. Коэффициент разбавления жф водой источника будет $729841/83919 = 8,7$.

Следовательно, потребуется уменьшение забора воды из Новокубанского канала на $330 \text{ м}^3/\text{га}$. При этом оросительная норма не изменится и составит – $2869,56 + 330 \approx 3200 \text{ м}^3/\text{га}$.

Экономия воды источника орошения в год составит 83919 м^3 .

5.2 Исследование баланса макроэлементов в почве после утилизации дождеванием оросительной воды

Установим количество биогенных элементов (макроэлементов), вынесенных урожаем кукурузы на зерно $140 \text{ ц}/\text{га}$ из почвы при поливной норме оросительной воды $355,55 \text{ м}^3/\text{га}$. С площади орошения $254,3 \text{ га}$ выносятся биогенные элементы урожаем кукурузы, и в почву в это же время поступают биогенные элементы с оросительной водой дождеванием. Годовой баланс выноса NPK с урожаем и поступления NPK жф дождеванием приводятся в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Годовой баланс выноса NPK с урожаем и поступления NPK жф

Культура	Площадь нетто, га	Урожай ц/га	Вынос с 1ц урожая, кг/га			Утилизация жф, $\text{м}^3/\text{га}$			Расчетная, поливная норма, $\text{м}^3/\text{га}$
			N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	
Кукуруза на зерно	254,3	140	1,18	0,52	1,17	357	794	105	355,55

Из данных таблицы 5.7 следует, что с урожаем кукурузы выносятся биогенные элементы из почвы участка, которые компенсируются поступлением NPK жф дождеванием поливной нормой $355,55 \text{ м}^3/\text{га}$. Рассчитаны дозы органических удобрений от утилизации жф в почву участка при поливной норме $355,55 \text{ м}^3/\text{га}$ (таблица 5.8).

Таблица 5.8 – Дозы органических удобрений от утилизации жф

Культура	Расчётная, поливная норма ОБ, м ³ /га	Расходная норма, м ³ /га			Расчетные дозы органических удобрений, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кукуруза на зерно	355,55	132	60	138	110	50	115

На опытном участке получены избыточные дозы калия от внесения органических удобрений при утилизации жф – 115 кг/га (таблица 5.8). Установлены величины выноса биогенных элементов с урожаем кукурузы и расчетные дозы минеральных удобрений. Потребность кукурузы в минеральных удобрениях с учетом выноса NPK приводятся в таблице (таблица 5.9).

Таблица 5.9 – Вынос NPK урожаем кукурузы и расчетные дозы минеральных удобрений

Культура	Урожай ц/га	Вынос 1 ц урожая, кг			Вынос урожаем кукурузы га зерно, кг/га			Расчетные дозы минеральных удобрений, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кукуруза на зерно	140	0,93	0,36	0,71	130	60	90	20	10	25

Чтобы получить запланированный урожай кукурузы 140 ц/га необходимо довести в почву азота - 20 кг/га, фосфора - 10 кг/га и калия - 25 кг/га. Рассчитана баланс потребности доз удобрений NPK для запланированного урожая кукурузы 140 ц/га на опытном участке.

Таблица 5.10 – Баланс потребности удобрений при получении урожая 140 ц/га кукурузы

Виды удобрений	Урожай кукурузы на зерно, ц/га	Дозы удобрений, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Жф	140	110	50	115
Минеральные удобрения		20	10	-
Избытки удобрений		-	-	-25
Всего удобрений		130	60	90

Концентрации биогенных элементов жф в биореакторе составляют: $N = 523 \text{ мг/дм}^3$; $P = 84,1 \text{ мг/дм}^3$; $K = 1652 \text{ мг/дм}^3$ (с. 84). Для получения неопасных концентраций биогенных элементов для растений кукурузы их концентрации снижают путем разбавления водой источника орошения.

Определены коэффициенты разбавления NPK жф природной водой с учётом её состава с. 50. Рассчитаны коэффициенты разбавления биогенных элементов NPK при орошении кукурузы дождеванием (таблица 5.11).

Таблица 5.11 – Коэффициенты разбавления жф природной водой, содержащей биогенные элементы NPK

Наименование параметров	Коэффициент разбавления природной водой с учетом её состава		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Объём природной воды – 2870 м ³ /га. Норма жф – 330 м ³ /га	Природная вода – 4,6 жф – 52,5	Природная вода – 0,56 жф – 13,44	Природная вода – 48,5 жф – 107,8
2870/330 = 8,7	9,15	6,0	10,5

Коэффициент разбавления жф в процессе её утилизации, получим: $K_p = 2870/330 = 8,7$. Следовательно, для разбавления жф понадобится вода источника орошения объёмом – 729841 м³ при объёме жф – 83919 м³. При смешении природной воды источника с жф получается «оросительная вода», которая утилизируется дождеванием на площади 254,3 га при концентрациях биогенных элементах:

$N = 63,2 \text{ мг/ дм}^3$ <концентрация не превышает допустимое значения.

$P = 1,64 \text{ мг/ дм}^3$ <концентрация не превышает допустимое значения.

$K = 811 \text{ мг/ дм}^3$ – концентрация превышает допустимое значение.

Устанавливается баланс поступления удобрений в почву между расчетной дозой и ОВ по биогенным элементам NPK (таблица 5.12).

Таблица 5.12 – Расчет баланса поступления удобрений в почву севооборотного участка балансовым методом, кг/га

Показатели	Биогенные элементы		
	N	P	K
Требуется минеральных удобрений расчетной дозой	130	60	90
Внесено биогенных элементов <i>NPК</i> с <i>ОВ</i>	110	50	115
Требуется внесение минеральных удобрений	20	10	-
Внесено удобрений <i>NPК</i> (расчетная доза + <i>ОВ</i>)	130	60	90
Избыток элементов <i>NPК</i>			25

Из баланса поступления минеральных удобрений и *ОВ* в почву (таблица 5.12) установлен избыток калия – 25 кг/га. Требуется довести минеральных удобрений в почву опытного участка $N = 20$ кг/га и $P = 10$ кг/га.

Из анализа данных таблицы 5.12 следует, что на севооборотном участке обеспечивается снижение дозы внесения минеральных удобрений за счет минерализации органических биогенных элементов *ОВ*.

При утилизации *ОВ* дождеванием повышается мелиоративное состояние агроландшафтов за счет минерализации органического вещества жф на севооборотном орошаемом участке площадью 254,3 га. Результаты исследования по минерализации органического вещества в почве при утилизации *ОВ* дождеванием приводятся в таблице 5.13.

Таблица 5.13 - Данные по минерализации органического вещества при утилизации *ОВ* дождеванием, кг/га

Показатели	Биогенные элементы, кг/га		
	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>
Требуется минеральных удобрений расчетной дозой	130	60	90
Поступление <i>NPК</i> с <i>ОВ</i> после минерализации	188	55	142
Внесение всего удобрений (доза + <i>ОВ</i>)	130	60	115
Поступление удобрений с дождеванием	130	60	115
Баланс поступления <i>NPК</i> в почву с <i>ОВ</i> (избыток)	-	-	25

Анализ результатов исследования показывает (таблица 5.13), что при утилизации *ОВ* дождеванием органические удобрения переходят в минеральную

форму и являются доступными биогенными элементами NPK для сельскохозяйственных культур. Под действием жф стоков в почве произошло повышение мелиоративного состояния участка (таблица 5.13).

5.3 Исследование баланса макроэлементов в почве после утилизации оросительной воды дождеванием

Допустимые концентрации биогенных элементов в почве при утилизации жф дождеванием определяются по формуле:

$$C_{NPK} = \frac{100 \times B}{m \times K \times D}, \quad (5.7)$$

где C_{NPK} - допустимые концентрации биогенных элементов (макроэлементов) в почве, соответственно: азота, фосфора и калия, мг/кг; B – средневзвешенная по севообороту величин выноса биогенных элементов питания); K – коэффициент, учитывающий усвоения биогенных элементов в почвах ($N = 0,6$ – средняя; $P = 0,8$ – низкая; $K = 0,9$ – повышенная); m – средневзвешенная по севообороту годовая норма, м³/га, D – коэффициент разбавления.

Концентрации биогенных элементов жф, которые будут поступать в почву опытного участка при дождевании кукурузы находятся по формуле (5.7). При внесении годовой нормы жф $m = 330$ м³/га, получим концентрации биогенных элементов NPK:

$C_N = 100 \times 523 / 330 \times 0,6 \times 8,7 = 30,36$ мг/л; $C_P = 100 \times 84,1 / 330 \times 0,8 \times 8,7 = 3,66$ мг/л; $C_K = 100 \times 1654 / 330 \times 0,9 \times 8,7 = 64,01$ мг/л;

Объем жф, который будет использоваться при орошении кукурузы в вегетационный период, будет: 83919 м³. При этом оросительная норма не изменится: 3200 м³/га.

Выполним оценку эффективности операторной модели [110, 111] непрерывной утилизации жф дождеванием на агроландшафте при выращивании кукурузы. Установим влияние утилизации жф на плодородие и мелиоративное

состояние почвы опытного участка, а также пригодность ОВ при дождевании. Исследования выполняем согласно разработанной методике (раздел 3).

Находится химический состав не орошаемой почвы опытного участка до строительства кластера 11. Определяется содержание общего азота – 0,28 %. $V/m = 0,28 \cdot 10^3 / 100 \cdot 0,014 \cdot 0,5 = 400$ мг/100 г. $A = 40$ мг/кг $\cdot 2,6 = 104$ кг/га.

Общее содержание гумуса на 1 га – 3,6%. $\Gamma = 2600000 \cdot (3,6/100) = 93600$ кг/га. Содержание азота в гумусе – 5 %. $A = 93600 \cdot 5/100 = 4680$ кг/га.

Общее содержание азота $104+4680=4784$ кг/га.

Химический состав орошаемой почвы дождеванием ОВ.

Определяется содержание азота в слое 0-20 см – 0,37%. $V/m = 0,37 \cdot 10^3 / 100 \cdot 0,014 \cdot 0,5 = 528$ мг/100 г. $A = 52,8$ мг/кг $\cdot 2,6 = 137,28$ кг/га.

Общее содержание гумуса на 1 га – 3,6%. $2600000 \cdot (3,65/100) = 94900$ кг/га. Содержание азота в гумусе – 5 %. $94900 \cdot 5/100 = 4745$ кг/га.

Содержание азота в слое 20-40 см – 0,43%. $V/100 = 0,43 \cdot 10^3 / 100 \cdot 0,014 \cdot 0,5 = 61,42$ мг/100 мг. $A = 61,42$ мг/кг $\cdot 2,6 = 159,69$ мг/кг.

Общее содержание гумуса на 1 га – 3,7%. $\Gamma = 2600000 (3,7/100) = 96200$ кг/га.

Содержание азота в гумусе – 5 %. $96200 \cdot 5/100 = 4810$ кг/га.

Химический состав почвы опытного участка до строительства кластера 11 и после утилизации жф дождеванием на нём приводится в таблице 5.15.

Таблица 5.15 – Химический состав почвы до и после дождевания ОВ, кг/га

Наименование почв	Подвижный фосфор	Обменный калий	Общий азот	в том числе		Гумус
				Азот минеральный	Азот из гумуса	
Почва неорошаемая ОВ	357,6	111,6	4784	104	4680	93600
Почва, орошаемая ОВ. Слой 0-20	266,5	231,4	4882	137	4745	94900
Слой 20-40	206,18	163,8	4970	160	4810	96200
Итого в 2х слоях	472,68	395,2	9852	297	9555	191100

Находится состав биогенных элементов в почве, орошаемой ОВ дождеванием. Разница результатов орошаемой и не орошаемой почвы позволяет определить состав биогенных элементов в почве от утилизации жф. Результаты приводятся в таблице 5.16.

Таблица 5.16 – Биогенные элементы в почве, орошаемой и неорошаемой оросительной водой, кг/га

Характеристика почвы	Подвижный фосфор	Обменный калий	Общий азот	в том числе		Гумус, кг/га
				Азот минеральный	Азот из гумуса	
Неорошаемая ОВ	357,6	111,6	4784	104	4680	93600
Орошаемая ОВ	472,68	395,2	9852	297	9555	191100
Биогенные элементов в почве от ОВ	115,08	283,6	5068	193	4875	97500

Из таблицы 5.16 видно, что в химическом составе почвы опытного участка произошло увеличение биогенных элементов, где преобладают калий и азот при относительном недостатке фосфора. Валовый гумус от ОВ при утилизации жф дождеванием увеличился и составляет 97500 кг/га. При дождевании с ОВ вносятся органические и минеральные удобрения (таблица 5.17)

Таблица 5.17 – Внесено удобрений при орошении кукурузы, кг/га

Характеристика вносимых удобрений	Подвижный фосфор	Обменный калий	Общий азот	В том числе		Органическое вещество	Гумус
				Азот минеральный	Азот из гумуса		
Поступление от ОВ	20	115	750	110	640	12800	1920
Внесено минеральных удобрений	10	-	84	20	64	1280	192
Итого	60	115	834	130	704	14080	2112

По данным Е.А. Ягодина и др. [146] коэффициент гумификации принимается $K_r = 0,15$. При дождевании ОВ (таблица 5.17) в процессе гумификации органическое вещество минерализуется в гумус, который накапливается в почве после утилизации жф. Коэффициент биохимического окисления органического вещества ($K_o = 0,4$) находили по рекомендации О.Б Хохловой [140].

Определяется состав и количество биогенных элементов, поглощаемой кукурузой в период её вегетации при орошении дождеванием ОВ (ОВ = ИО + жф) и внесении минеральных удобрений. Состав и количество биогенных элементов, поглощаемой кукурузой на зерно, приводится в таблице 5.18.

Таблица 5.18 – Состав и количество биогенных элементов, поглощаемой кукурузой, в период её вегетации, кг/га

Показатели	Подвижный фосфор	Обменный калий	Общий азот	в том числе		Гумус
				Азот минеральный	Азот из гумуса	
Орошение ОВ	50	115	206	110	96	1920
в том числе состав биогенных элементов, поглощаемых кукурузой	24	69	121	65	56	1113
Внесение минеральных удобрений,	10	-	29,6	20	96	192
в том числе состав биогенных элементов, поглощаемых кукурузой	4	-	48	12	6	-

После утилизации жф обменного калия в почве накапливается в избытке. Калийные минеральные удобрения в почву не вносятся. От минерализации органического вещества, поступающего с ОВ, гумуса в почве накапливается в 10 раз больше, чем от внесения минеральных удобрений. При этом улучшается мелиоративное состояние почв.

Выполняется оценка плодородия почвы от внесения биогенных элементов и минеральных удобрений при орошении ОВ дождеванием (таблица 5.19).

Таблица 5.19 – Поступление биогенных элементов в почву дождеванием, кг/га

Показатели	Подвижный фосфор	Обменный калий	Общий азот	в том числе		Гумус
				Азот минеральный	Азот из гумуса	
Состав биогенных элементов в почве, орошаемой ОВ	115,1	283,6	5068	193	4875	97500
Поступление биогенных элементов с ОВ	50	115	206	110	96	1920
Внесение минеральных удобрений	10	-	29,6	20	9,6	192

Из данных таблицы 5.19 следует, что химический состав ОВ сбалансирован по биогенным элементам. Рассчитаем поступление биогенных элементов в почву дождеванием. Данные сводного расчета приведем в таблице 5.20.

Таблица 5.20 –Поступления биогенных элементов ОВ в почву, кг/га

Показатели	Подвижный фосфор	Обменный калий	Общий азот	в том числе		Гумус
				Азот минеральный	Азот из гумуса	
1.Почва, орошаемая ОВ. Состав биогенных элементов	115,4	283,6	5068	193	4875	97500
2.Поступление биогенных элементов (при орошении ОВ)	26	46	85,2	45	40,2	804
3.При внесении минеральных удобрений	6	-	12,8	8	4,6	92
4. Поступление после минерализации и гумификации растительных остатков и корней	32	165	126,8	76	50,8	1016
Всего поступление биогенных элементов	64	211	224,6	136	95,8	1912

В результате выполненных исследований по утилизации жф на опытном участке дождеванием при выращивании кукурузы можно сделать выводы об эффективности технологии круглогодичной непрерывной утилизации жф дождеванием мелиоративных агроландшафтах:

1. При выращивании кукурузы в почве при утилизации ОВ минерализуются: подвижный фосфор – 26 кг/га; обменный калий – 46 кг/га; азот – 45 кг/га; общий азот – 85,2 кг/га. Увеличилось содержание гумуса на 804 кг/га, азота из гумуса на 40,2 кг/га.

2. Улучшилось мелиоративное состояние почв участка орошения 254,3 га. В почву поступили биогенные элементы минерализации растительных остатков и корней: подвижный фосфор – 32 кг/га; обменный калий – 165 кг/га; азот минеральный – 76 кг/га; азот из гумуса – 50,8 кг/га; гумус – 1016 кг/га.

3. В результате утилизации жф навозных стоков при орошении произошло: уменьшение изъятия природной воды из Новокубанского канала на

83919 м³ и снижение дозы минеральных удобрений: фосфора – 50 кг/га; калия – 115 кг/га; азота – 110 кг/га.

4. При орошении ОВ в почву поступило от утилизации жф дождеванием 804 кг/га и от минеральных удобрений 92 кг/га гумуса (896 кг/га) или:

$$\Gamma = (896/97500) 100 \% = 0,9 \%. \quad (5.8)$$

5. Общий гумус в почве увеличился на $(1912/97500) 100 \% = 2 \%$.

5.4 Оценка пригодности оросительной воды для орошения кукурузы дождеванием

На фоне положительного влияния технологии на состав элементов минерального питания, необходимо дать оценку пригодности оросительной воды к орошению кукурузы на зерно.

Жф по напорному трубопроводу подаётся во всасывающую трубу насоса, который направляет природную воду из Новокубанского канала на орошаемый участок. Опорожнение накопителя МБР проводится после выдерживания и аэрации жф в течение 6 месяцев. Жф имеет практически постоянную концентрацию биогенных элементов, которые подаются на опытный участок. Качество воды источника в вегетационный период не меняется. В камере смешения или во всасывающей трубе насоса выполняется разбавление жф природной водой в пропорции 1:8,7.

При утилизации ОВ дождеванием оросительная норма остаётся постоянной 3200 м³/га, в том числе годовая норма животноводческих стоков составляет – 330 м³/га. Следовательно, при выходе ОВ из дождевальной машины на участок утилизации биогенные элементы имеют постоянные концентрации по химическому составу.

При работе операторной модели выполняется контроль над пригодностью ОВ для орошения дождеванием по мелиоративным показателям:

1. Активность ионов водорода в почве находится в пределах 6-8,5. Поступление растворенных солей с жф не должно приводить к критическому содержанию водорастворимых солей в почве при годовом засолении 0,1% и при сезонном засолении 0,25%.

2. На опытном участке площадью 254,3 га не наблюдается магниевого осолонцевания, т.к. соотношение концентраций (мг. экв/л) ионов Mg и Ca менее 1 (таблица 3.9):

$$Mg/Ca = 6,0/6,45 = 0,93 < 1 \quad (5.9)$$

3. Поступление токсических солей с оросительной водой не должно приводить к превышению критического содержания водорастворимых солей в почве. Пригодность воды для орошения определяется по суммарному содержанию токсичных солей, что следует из формулы (3.15):

$$C \cdot HB_{50} \cdot M / K_{2000} \cdot (M+P) \leq 1, \quad (5.10)$$

где C – суммарное содержание токсичных солей без учета сульфата кальция и солей, содержащих ионы, K^+ , NH_4 , PO_4^{3-} , мг экв/л; HB_{50} – наименьшая влагоемкость почвы слоя 0-50 см, мм; M – среднегодовалая средневзвешенная по севообороту оросительная норма, мм; K_{2000} – коэффициент, учитывающий HB_{50} тяжелосуглинистых почв (200мм) и допустимую концентрацию суммы токсичных солей 15 мг экв/л (1,0 г/л) в аридных условиях, мм мг экв/л; P – среднегодовые годовые осадки, используемые растениями, мм.

Исследование солевого состава жф проводилось по данным химического состава проб во время вегетации кукурузы в августе месяце (химические анализы от 07.08.2018 г., 02.08.2020 г.). Для воздействия ОВ на почву определялась активность анионов и катионов, которая приводится в таблице 5.21.

Гипотетический состав вредных солей количественно определяют, объединяя катионы и анионы по мере роста их активности, мг экв/л. Особенностью расчета гипотетического состава вредных солей является то, что начинать следует с соли $Mg NH_4 PO_4$, так как она обладает наименьшей раствори-

мостью в воде. Данные по химическому составу проб жф за 2018-20гг. практически остаются постоянными (находятся в диапазоне $\pm 5\%$), т.к. выращивалось постоянное количество 5,0 тыс. голов молодняка КРС, рацион кормления не изменялся в течение 3-х лет, содержание животных также не менялось.

Таблица 5.21 – Таблица активности катионов и анионов, мг экв /л

Катионы	Активность	Анионы	Активность
Ca^{2+}	0,405	PO_4^{3-}	0,095
Mg^{2+}	0,450	SO_4^{2-}	0,355
NH_4	0,750	Cl	0,755
K^+	0,755	Al_k^*	0,770
Na^+	0,775		

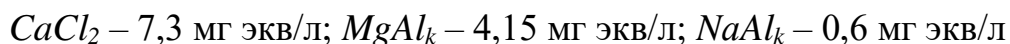
* Al_k – щелочность, обусловленная анионами органических кислот

Анализируя состав солей жф и активность катионов и анионов, определяется гипотетический состав вредных солей, затем выбирается перечень токсических солей в размерности- мг экв/л. Гипотетический состав жф определяется, начиная с соли $Mg NH_4 PO_4$, так как эта соль обладает слабой растворимостью. Результаты приводятся в таблице 5.22.

Таблица 5.22 – Состав жф, мг экв/л

$MgNH_4 PO_4$	$CaSO_4$	$CaCl_2$	$NaCl$	$MgCl$	$MgAl_k$	NH_4Al_k	KAl_k	$NaAl_k$
0,5	0,7	7,3	1,55	1,55	4,15	5,5	4,0	0,6

В дальнейший расчет включены следующие соли:



С учетом гранулометрического состава орошаемых почв предельная концентрация суммы солей в ОВ не должна превышать при тяжелосуглинистом составе почв – 1 г/л (15 мг экв/л). Находится оценка пригодности животноводческих стоков по суммарному содержанию токсических солей:

$$12,05 \cdot 200 \cdot 320 / 2000 \cdot (320 + 350) = 0,57 < 1,0.$$

Следовательно, поступление токсических солей с оросительной водой не приводит к превышению критического содержания водорастворимых солей в почве.

4. Оценка оросительной воды по опасности осолонцевания почв.

Одним из надежных показателей качества оросительной воды является отношение содержания в ней ионов Na^+ к сумме ионов Mg^{2+} и Ca^{2+} , которое влияет на активность иона Na^+ и на его способность внедряться в ППК.

$$Na^+/\sqrt{Mg^{2+} + Ca^{2+}} = 2,15/\sqrt{6,45 + 6,0} = 0,61 < 2 \cdot K_1 \cdot K_2 = 2 \cdot 1 \cdot 1 = 2,0.$$

Почвы тяжелосуглинистые. Используя СанПиН 2.1.7573-96, по таблице, 1 стр. 24 коэффициент $K_1 = 2,0$. K_2 – коэффициент учитывает оросительную норму, атмосферные осадки растениями, гранулометрический состав и водно-физические свойства почвы, определяется по формуле

$$K_2 = \sqrt{200/HB_{50}}, = 1 \quad (5.11)$$

где HB_{50} – наименьшая влажность 50 мм слоя для тяжелосуглинистых почв, $HB_{50} - 200$ мм.

5. Установлена концентрация азота, фосфора и калия в оросительной воде: $N_A = 100 \cdot 140/330 \cdot 0,6 = 70,70$ мг/л; $N_P = 100 \cdot 55/330 \cdot 0,8 = 20,83$ мг/л; $N_K = 100 \cdot 126,96/330 \cdot 0,8 = 48,09$ мг/л.

6. Выполнена оценка оросительной воды по опасности развития процессов засоления и осолонцевания почв участка утилизации жф дождеванием по формуле (3.12):

$$SAR_Y = 2,15/\sqrt{\frac{330+350}{330} \times (6,45 + 6,0 + 4,0 + 3,3) \times 0,5} = 0,47.$$

Допустимые значения SAR_Y для почвы опытного участка мелиоративной системы по рекомендациям ФАО:

для малой солонцеватости SAR_Y находится по формуле (3.13):

$$SAR_{MB} = 1440/200+40 = 6,0;$$

для средней солонцеватости SAR_y находится по формуле (3.14):

$$SAR_{CB} = 2160/200 \cdot 40 = 9,0.$$

Оценка качества оросительной воды по опасности развития процесса засоления и осолонцевания почв по шкале показателей SAR_y равна 0,47 и относится к малоопасному классу.

ОВ пригодна по основным мелиоративным показателям.

5.5 Экономическая эффективность утилизации жидкой фракции

Экономическая эффективность определена по исследованиям, полученным в ООО «Союз-Агро», при утилизации жф дождеванием кукурузы на зерно на мелиоративной системе площадью 254,3 га.

При утилизации жф и выращивании кукурузы на зерно дождеванием ОВ поливной нормой 355,55 м³/га после уборки урожая в почве на мелиоративной системе площадью 254,3 га накапливается азота 110 кг/га, фосфора 50 кг/га и калия 115 кг/га, что обеспечивает прибавку урожая зерна в среднем на 10 ц/га (таблица 5.10). Из баланса поступления удобрений в почву севооборотного участка (таблица 5.12) создаётся избыток поступления калийных минеральных удобрений на 25 кг/га для кукурузы.

В результате установлен годовой экономический эффект на мелиоративном участке при выращивании кукурузы на зерно от утилизации жф и экономии минеральных удобрений.

Экономия от замены минеральных удобрений утилизацией жф составит:

- по азоту: $110 \times 254,3 \times 0,129 = 3608$ тыс. руб., азот определен по аммиачной селитре;

- по фосфору: $50 \times 254,3 \times 0,171 = 2174$ тыс. руб., фосфор определен по суперфосфату;

- калию: $115 \times 254,3 \times 0,255 = 7457$ тыс. руб., калий определен по селитре калиевой;

Годовой суммарный экономический эффект от утилизации жф на опытном участке: 18522 тыс. руб. или 18,533 млн. руб.

Экономический эффект от прибавки урожая кукурузы на зерно 1 тонны. Стоимость фуражной кукурузы -

$$254,3 \times 1 \times 13,0 = 3305 \text{ тыс.руб.} = 3,305 \text{ млн. руб.}$$

Суммарный годовой экономический эффект технологии будет:

$$18,533 + 3,305 = 21,838 \text{ млн. руб.}$$

ВЫВОДЫ по разделу 5

1. Разработан режим орошения кукурузы на зерно дождеванием оросительной водой при утилизации жф КРС расчётной годовой нормой 330 м³/га для условий Гулькевичского района. Средние даты и сроки поливов определены по дефициту водопотребления.

2. Установлен коэффициент разбавления жф природной водой источника орошения 8,7. При этом оросительная вода утилизируется дождеванием на площади 254,3 га при концентрациях биогенных элементах: $N_A = 70,70 \text{ мг/дм}^3$; $N_P = 20,83 \text{ мг/дм}^3$; $N_K = 48,09 \text{ мг/дм}^3$ – не превышающих допустимые значения.

3. В почве после внесения ОВ формируются избытки азота в 1,35 и калия в 1,27 раза по сравнению с требуемой дозой внесения минеральных удобрений, которые полностью минерализуются, что положительно оказывает влияние на мелиоративное состояние почв.

4. Установлена пригодность оросительной воды для орошения кукурузы дождеванием, которая определяется по суммарному содержанию токсичных солей, а также выполнена оценка оросительной воды по опасности осолонцевания почв. Результаты исследования показывают, что утилизация жф безопасна по индексу SAR_y , который не превышает 1.

5. Утилизация жф дождеванием улучшает мелиоративное состояние почвы, повышает агроресурсный потенциал агроландшафтов, что следует из данных таблиц 5.18-5.20.

6. Суммарный годовой экономический эффект технологии утилизации жф дождеванием составит: $18,533 + 3,305 = 21,838$ млн. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что на агроландшафтах России происходит катастрофическое падение плодородия пахотных земель, содержание органического вещества в почвах уменьшается. В Краснодарском крае гумус в черноземных почвах снизился с 7-8 % до 3,5–5 %. Совершенствуются ресурсные технологии, которые применяются для утилизации отходов животноводства разделением навоза на фракции: жидкую и твердую. Однако, для утилизации жф применяются средства утилизации, имеющие низкую производительность, не обеспечивают должного качества и равномерности внесения на поля.

2. Разработана операторная модель, позволяющая на трёх подсистемных уровнях управлять технологическими операциями при выращивании 5,0 тыс. телят КРС на откорме. Первая подсистема подготавливает навоз к переработке, вторая – накапливает и выдерживает жф в биореакторах не менее 6 месяцев, третья подсистема утилизирует жф дождеванием. Установлена мощность операторной модели, которая составляет 93 кВт.

3. Разработаны технологические операции подготовки навозных стоков к переработке на твердую и жидкую фракции при средней влажности 93,4 %, где процесс переработки полидисперсной системы выполняется шнековым сепаратором SB-780/0,75 с подачей жф в 2 механических биореактора объёмом 42,0 тыс. м³ каждый. На орошаемой площади 254,3 га обосновано применение современных дождевальных машин для утилизации жф.

4. Разработан режим орошения дождеванием оросительной водой кукурузы на зерно. Установлен коэффициент разбавления – 8,7. Экономия объема природной воды Новокубанского канала для орошения кукурузы на зерно дождеванием составит 83919 м³.

5. Установлено повышение плодородия и мелиоративного состояния почв от утилизации жф дождеванием. В почве возросло содержание гумуса на 0,9%. Общий гумус в почве увеличился на 2 %. С оросительной водой в почву посту-

пает: азота 130 кг/га; фосфора 80 кг/га; калия 90 кг/га. Суммарный экономический эффект от утилизации жф на мелиоративной системе составил 21, 838 млн. руб.

6. Выполнена оценка пригодности утилизации жф по суммарному содержанию токсических водорастворимых солей, поступление которых с оросительной водой не приводит к превышению их критических значений в почве. Оценка ОБ по развитию процессов засоления и осолонцевания почв участка утилизации жф дождеванием по индексу $SAR_Y < 1$.

Рекомендации производству

Применение процессов переработки и подготовки жф навозных стоков КРС к утилизации дождеванием позволит обеспечить рациональное использование водных ресурсов, создаст условия круглогодичной непрерывной утилизации отходов тф и жф навоза на прилегающих агроландшафтах, повышения накопления органического вещества в почве. Утилизация жф дождеванием улучшает мелиоративное состояние почвы повышает агресурсный потенциал агроландшафтов.

Данную ресурсную технологию утилизации жф навозных стоков можно применять на животноводческих комплексах в качестве типовой с учетом климатических факторов и наличия мелиоративной системы.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Круглогодичная и непрерывная переработка животноводческих отходов КРС обеспечит новый подход к разработке ресурсосберегающих технологий восполнения жидкими органическими удобрениями почв дождеванием, что повлечет за собой увеличение урожая сельскохозяйственных культур, но и создаст условия для получения компостов и биокомпостов из тф животноводческих стоков. Новые ресурсосберегающие технологии в составе операторной модели обеспечивают замкнутый цикл непрерывного восполнения органических питательных веществ в почве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеенко, О.М. Технологии удобрительно-увлажнительных поливов кукурузы животноводческими водами в условиях Волго-Донского междуречья: специальность 06.01.02 «Мелиорация, рекультивация и охрана земель» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Агеенко Оксана Михайловна ; Саратовский государственный аграрный университет – Саратов, 2018. – 197 с.
2. Агроклиматические ресурсы Краснодарского края [Текст] / Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Сев.-Кавк. упр. гидрометеорол. службы. Ростов. гидрометеорол. обсерватория. - Ленинград : Гидрометеоиздат, 1975. - 276 с.
3. Агрономические рекомендации по подготовке и использованию бесподстилочного навоза для удобрения, г. Москва, Колос, 1982. - 42 с.
4. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края: сб. науч. тр. КубГАУ. — 1997. — Вып. № 1. — 236 с.
5. Айдаров, И.П. Цели и задачи комплексных мелиораций сельскохозяйственных земель. Журнал «Мелиорация и водное хозяйство», 2003 г., № 3.
6. Актуальные проблемы мелиораций на Северном Кавказе. Журнал «Труды Кубани» № 429/457, г. Краснодар, 2007. – 268 с.
7. Использование отходов животноводства и растениеводства для рекультивации почв в зерновом севообороте : сборник научных статей I Всероссийской научной конференции «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленности и сельскохозяйственного производства», Краснодар, 16-17 марта 2009. С. 60-62.
8. Режим орошения и техника полива сельскохозяйственных культур в условиях неустойчивого увлажнения Кубани / В. П. Амелин, А. Д. Гумбаров, С. А. Владимиров, В. Г. Гринь. - Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2005. - 92 с.

9. Антоненко Д. А. Вторичное использование отходов при выращивании кукурузы в условиях аграрного ландшафта / Д. А. Антоненко, В. В. Гукалов, Ю. Ю. Никифорова, Г. Ф. Петрик // В сборнике: Отходы, причины их образования и перспективы использования. Сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции. Составитель Л.С. Новопольцева. Под редакцией И.С. Белюченко. - Краснодар. - 2019. - С. 634-641.
10. Экологическая и агрохимическая эффективность утилизации отходов животноводства в условиях Алтайского края : сборник статей международной научно-экологической конференции «Отходы, причины их образования и перспективы использования», Краснодар, 26-27 марта 2009. С. 473-476.
11. Афанасьев В.Н. Результаты экспериментальной проверки технологии производства биологически активных органических удобрений из помета / В.Н. Афанасьев, Д.А. Максимов // технология и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства в Нечерноземной зоне России: Сб. науч. Трудов / НИПТИМЭСХ НЗ.-Спб, 1999.-Вып.70.
12. Орлова, О.В. Технология производства эффективных биоудобрений из птичьего помета с помощью микробных инокулюмов / О.В. Орлова, В.Н. Афанасьев, И.А. Архипченко // Экология и промышленность России. - 2009.-№ 11.-С. 13-15.
13. Афанасьев В.Н. Обоснование метода утилизации сельскохозяйственных отходов. / Афанасьев В.Н., Афанасьев А.В. // Вестник ВНИИМЖ № 4(8), 2015. С. 22-27.
14. Бардин Н.Н., Терещенко В.В., Фролов С.А. Резервы повышения продуктивности посевов кукурузы в Центральной зоне Краснодарского края. Труды Кубани № 3, 2012. С. 146-147.
15. Безднина, С.Я. Экологические основы водопользования / С.Я. Безднина. – М.: ВНИИА, 2005. – 224 с.

16. Белюченко, И.С. Влияние отходов промышленности и сельскохозяйственного производства на физико-химические свойства почвы / Муравьев Е.И., Сборник «Эколог. Вестник Северного Кавказа» № 1, 2009. С. 84-86.
17. Белюченко И. С. Динамика органического вещества и проблемы его трансформации в почвах агроландшафта степной зоны края / И. С. Белюченко, В. Н. Гукалов, О. А. Мельник // Экол. Вестник Сев.Кавказа. – 2007. – Т. 3. – № 1. –С. 5–17.
18. Белюченко И.С. К вопросу о процессе нитрификации в агроландшафтах степной зоны Краснодарского края / И.С. Белюченко, Г.В. Волошина, А.Г. Фалин, А.И. Стешенко // Экологические проблемы Кубани. -2007-№32. - С. 218-223.
19. Белюченко И.С. Комплексная оценка отходов животноводства и их воздействия на экологическое состояние прифермерских ландшафтов / Баранова С.Б., Гайдай А.А., Громько В.В., Гукалов В.Н., Яценко М.В. // Сборник «Эколог. Проблемы Кубани» № 32.-С. 89-104.
20. Белюченко И.С. Оценка воздействия отходов животноводства на прилегающие ландшафты Прикубанского округа г. Краснодара методом химического анализа / Баранова С.Б., Громько В.В., Яценко М.В., Гайдай А.В., Домченко М.М. // Сборник Эколог. Проблемы Кубани № 32. -С. 237-260.
21. Белюченко И.С. Содержание тяжелых металлов в отходах животноводства. / Гукалов В.Н., Демченко М.П. // Сборник «Эколог. Проблемы Кубани» № 32. - С. 47-50.
22. Бондаренко А.М. Современные технологии переработки навоза животноводческих предприятий в высококачественные органические удобрения / А.М. Бондаренко, Л.С. Качанова // Вестник ВНИИМЖ. – Вып. № 4(20). – 2015. - С. 135-141.
23. Болоцкий Н.А. Анализ методов обеззараживания животноводческих стоков и помета с ферм / Семенцов В.Н., Пруцаков С.В., Васильев А.К. // II Всероссийская научн. конференция «Проблемы рекультивации отходов

быта, промышленности и сельскохозяйственного производства, г. Краснодар, 18-19 марта 2016. - С. 261-263.

24. Бураков Г.Н. Удобрение кукурузы при орошении в условиях дельты реки Волги. Министерство водного хозяйства СССР, материалы I конференции молодых научных работ по мелиорации и гидравлике – г. Киев «Урожай», 1969. - С. 4-8.

25. Буцыкин А.Н., Луцкий В.Г., Пономарев А.Г., Рева Л.П. Технология орошения животноводческими стоками М. : Агропромиздат, 1987, 160 с.

26. Ванжа В.В. Анализ негативных процессов и источников деградации почв Краснодарского края / Ванжа В.В., Варнаков А.В. / Материалы II международной научно-практ. конференции «Проблемы мелиорации земель и воспроизводства почвенного плодородия, г. Краснодар, 14-16 октября 2009. - С. 47-50.

27. Валько В.Ф. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана / Штомпель Н.А., Трубилин И.Т., Котляров Н.С., Солянина Г.М. // г. Ростов-на-Дону, издат. СКМУ ВШ, 1995, 192 с.

28. Васильев А.М. Оптимизация водопользования на орошаемых агроландшафтах / Васильев А.М., Бандмоков Ю.В. // ФГОУ ВПО НГМА, материалы научно-практич. конференции «Современное состояние и перспектива развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса юга России», г. Новочеркасск, 23-29 сентября, 2010 г., изд. «Лик», С. 16-20.

29. Василько В.П. Мелиоративное земледелие юга России. / Василько В.П., Нецадим Н.Н., Ачканов А.А., Сисо А.В. // г. Краснодар, 2007. - 229 с.

30. Васько А.С. Агрехимическая характеристика нетрадиционных органических удобрений / А.С. Васько // Агрэкологические проблемы использования органических удобрений на основе отходов промышленного животноводства / ГНУ ВНИПТИОУ. – 2006. – С. 172-175.

31. Веденяпина Н.Е. правильный севооборот и плодородие почвы / Козивцев Х.А., Рудаков М.А. // Труды ВСХИ г. Волгоград, 1949 г., Т. 38.

32. Власенко, В. П. Деградационные процессы в почвах Краснодарского края и методы их регулирования : монография / В. П. Власенко, В. И. Терпелец. -Краснодар, 2012. - 204 с.
33. Возбуцкая А.Е. Химия почв. М.: Высшая школа, 1968. 428 с.
34. Волошина Г.В. Микробное сообщество чернозема обыкновенного / Волошина Г.В., Гукалов В.Н., Сборник «Экологический вестник Северного Кавказа» том 5 № 2, 2009. - С. 21-25.
35. Гогмачадзе Г.Д. Агроэкологический мониторинг почв и земельных ресурсов Российской Федерации / Г.Д. Гогмачадзе. – М. : Московский государственный университет, 2010. - 592 с.
36. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных форм фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. - М.: Изд-во стандартов, 1992. -8 с.
37. ГОСТ 26427-85. Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке.
38. ГОСТ 26107-84. Почвы. Методы определения общего азота. – М.: Изд-во стандартов, 1992. -11с.
39. Григоров, М.С. Современные перспективные водосберегающие способы полива в Нижнем Поволжье/ М.С. Григоров, А.С. Овчинников, Е.П. Боровой, А.Д. Ахмедов//монография. Волгоград: ИПКФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА «Нива», 2010. -244с.
40. Гумбаров А. Д. Баланс гумуса и питательных веществ при орошении очищенными сточными водами консервных заводов агропромышленного комплекса / А. Д. Гумбаров, А. Е. Хаджиди // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2014. - Вып. 2(47). - С. 177-181.
41. Гумбаров А.Д. Динамика запасов биомассы на землях сельскохозяйственного назначения Краснодарского края / Гумбаров А.Д., Дегтярева Е.А. Материалы 3й международной научно-практич. конференции «Проблемы мелиорации земли и воспроизводства почвенного плодородия», Краснодар, 20-22 октября 2010. - С. 53-55.

42. Гукалов В.В. Влияние сложного компоста на экологическое состояние чернозема обыкновенного, развитие и продуктивность кукурузы / В.В. Гукалов, Д.А. Славгородская // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2013. - № 44 - С 53-59.
43. Гукалов В.Н. Перспективы использования отходов сельскохозяйственных и промышленных производств для повышения плодородия почвы // Материалы II Всерос. науч. конф. «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства». — Краснодар, 2010. -С. 179-182.
44. Гукалов В.Н. Прогнозирование содержания тяжелых металлов в почвах агроландшафта ОАО «Заветы Ильича», Ленинградского района Краснодарского края / Попов А.В., Белюченко И.С. «Экологический вестник Северного Кавказа» № 7, 2018. - С. 4-14.
45. Давыдов А.С. Удобрительное орошение животноводческими стоками / Воробьева Р.П., Шуравилин В.В. // Агрехимический вестник № 3,2005. – С. 19-20.
46. Дашинимаев С.И., Гармаев Д.Ц., Батуев Ж.О. Продуктивные качества молодняка калмыцкой породы разных типов телосложения. Сборник «Труды КубГАУ». Выпуск 4 (43) 2013. –С. 193-195.
47. Джулай, А. П. Орошаемое земледелие кубани / А. П. Джулай, В.Д. Огиенко.– Краснодар : Кн. изд-во, 1984.– 175 с.
48. Дмитриева В.И., Никитин В.А., Поленина В.А. Использование стоков животноводческих комплексов / В.И. Дмитриева, В.А. Никитин, В.А. Поленина. - Москва : Россельхозиздат, 1977. - 63 с.
49. Дубенок Н.Н., Ольгаренко Г.В. Перспективы восстановления мелиоративного комплекса Российской Федерации // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. - № 2.
50. Дьяченко Н.П. Природно-ресурсный потенциал агроландшафтов степной зоны Краснодарского края. Сборник научных трудов / Н.П. Дьяченко, Е.В. Кузнецов, С.А. Владимиров // Актуальные проблемы мелиорации на Северном Кавказе: сб. науч. тр. Вып. 429(457) / КубГАУ.- Краснодар, 2007.- С. 25-31.

51. Ерлепесов, М. Н. Орошаемое земледелие / М. Н. Ерлепесов, д-р с.-х. наук, Е. А. Амантаев, канд. с.-х. наук. - Алма-Ата : Кайнар, 1968. - 231 с.
52. Ермакова, К.С. Влияние орошения на водо-солевые показатели черноземов и урожайность зерна кукурузы : специальность 06.01.02 « Мелиорация, рекультивация и охрана земель» автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Ермакова Ксения Сергеевна ; Алтайский государственный аграрный университет – Барнаул, 2019. – 117 с.
53. Забугин Н. Н. Состояние почв Кубани на рубеже столетий / Н. Н. Забугин, В. Д. Жуков, А. Я. Ачканов, З. С. Марченко, В. П. Суетов, И. Д. Черниченко, Г. Н. Теренько // Состояние и пути мелиорации черноземов Кубани. Краснодар, 2002. -С. 7-23.
54. «Задача АПК – удержать позиции» (Беседа с вице-губернатором А. Коробка). «Вольная Кубань» 26 июня 2017. -С. 6-7.
55. Использование сточных вод для орошения / [Ю. Г. Бескровный, М. В. Козинец, В. И. Бойко и др.]; Под ред. Ю. Г. Бескровного. - Киев : Урожай, 1989. - 157с.
56. Камелев Р.А. Способы внесения удобрений, коэффициенты использования питательных веществ и урожайность // Агрехимический вестник. - № 4, 2088. - С. 28.
57. Квасов В.А. Органические удобрения и плодородие почв. Журнал «Химизация сельского хозяйства» № 13, 1990. -С. 17-19.
58. Кильдюшкин В.Я. Влияние удобрений на содержание гумуса в почве и его качественный состав / Ширинян Н.Я., Солдатенко Л.Г. // Материалы 3й международной научно-практической конференции «Пробелы мелиорации земель и воспроизводства почвенного плодородия», Краснодар, 20-22 октября 2010. -С. 101-104.
59. Кирейчева, А.В. Показатели и критерии экологической безопасности функционирования мелиоративных систем / Кирейчева А.В., Яшин В.М. //

Материалы 3й международной научно-практической конференции «Проблемы мелиорации и воспроизводства почвенного плодородия», Краснодар, 20-22 октября 2010.

60. Ковалев Н.Г., Барановский И.Н. Технологии переработки и использования навозных стоков. Вестник ВНИИМЖ № 4(8), 2012. – С. 12-20.

61. Ковалев Н.Г. Органические удобрения в XXI веке (Биоконверсия органического сырья) / Н.Г. Ковалев, И.Н. Барановский – Тверь, 2006, 304 с.

62. Коваленко В.А. Механизация обработки бесподстилочного навоза. Москва, Колос, 1985, 138 с.

63. Коломейченко В.В. Практикум по кормопроизводству с основами ботаники и агрономии / Федотова В.А. – М. : Колос, 2002. – 336 с.

64. Косолапов В.М. Повышение эффективности возделывания зерновых культур в агроландшафтах юга России / Трофимов И.А., Трофимова А.С. // Труды КубГАУ 2/59 - 2016.

65. Кривоконева Е.Ю. Улучшение пищевого режима почвы на основе экологически безопасного внесения удобрений / Кривоконева Е.Ю., Хмельниченко Н.П. // Материалы 3й международной научно-практической конференции «Проблемы мелиорации и воспроизводства почвенного плодородия, Краснодар, 20-22 октября 2010. - С. 120-124.

66. Кудеяров В.И., Семенов В.М. Проблемы агрохимии и современное состояние химизации сельскохозяйственного производства в Российской Федерации / Журнал «Агрохимия» № 10, 2014. С. 3-17.

67. Кузнецов, Е.В. Инновационная технология утилизации отходов крупного рогатого скота / Кузнецов, Е.В., Хаджиди, А.Е., Кузнецова, М.Е. // Проблемы развития предприятий: теория и практика: материалы 17-й Междунар. науч.-практ. конф., 20-21 дек. 2018 г. : в 3 ч. - Ч. 3. Самара : Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2018. С. 269-273.

68. Кузнецов Е.В. Мелиорация земель – залог получения гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур и сохранения плодородия почв / Кузнецов Е.В., Дьяченко Н.П. // Материалы 1й международной научно-

практической конференции «Проблемы мелиорации земель и воспроизводства почвенного плодородия», 9-12 сентября 2008. С. 3-4.

69. Kuznetsov, E. Modelado de los componentes del medio natural / Kuznetsov, E., Khadzhidi, A., Kuznetsova, M., Pushenko, S. // *Nexo Revista Científica*, 34(04)/ Pp. 1272–1281.

70. Кузнецов, Е.В. Оросительная система с использованием животноводческих стоков / Кузнецов, Е.В., Хаджиди, А.Е., Кузнецова, М.Е., Куртнезиров, А.Н., Килиди, Х.И., Колесниченко, К.В. // *Успехи современного естествознания*. 2019. № 3 (часть 2). С. 198-203.

71. Кузнецов Е.В., Дьяченко Н.П., Владимиров С.А., Сафронова Т.И., Серый Д.П., Крылова Н.Н. Охрана сельскохозяйственных земель и водных объектов от техногенных загрязнений. Учеб. пособие: Краснодар, 2005. С. 236.

72. Кузнецов, Е.В. Оценка мелиоративного состояния почв оросительных систем / Кузнецов, Е.В., Хаджиди, А.Е. Кузнецова, М.Е., Куртнезиров, А.Н. // *Успехи современного естествознания*. 2018. № 11. С. 49-53.

73. Kuznetsov, E.V. Operator model to control process of obtaining vermicompost / Kuznetsov, E.V., Khadzhidi, A. E., Poltorak, Y.A., Kuznetsova, M. // *Eurasian Journal of Biosciences*, 2019 - Volume 13 Issue 1, pp. 315-320.

74. Кузнецов, Е.В. Переработка отходов животноводческих предприятий / Кузнецов, Е.В., Кузнецова, М.Е. // *Научные труды КубГТУ: по матер. II Междунар. науч.-практ. конф. "Безопасность и ресурсосбережение в техносфере"*, 18-19 апреля 2019 г. Краснодар. № 3. 2019. С.864-873.

75. Kuznetsov, E.V. Protection of agro-resource cooperation of agrolandscapes from wastewater pollution / Kuznetsov, E.V., Khadzhidi, A. E., Kuznetsova, M. // *Bioscience Biotechnology Research Communications*. - Special Issue. - Vol 12 (5) September. – 2019. - pp. 140-145. ISSN: 0974-6455.

76. Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е. Сельскохозяйственный мелиоративный комплекс для устойчивого развития агроландшафтов. Учеб. пособие (специальная литература) Санкт-Петербург, Москва, Краснодар, Изд.: Лань, 2008. 300 с.

77. Кузнецов Е.В. Сохранение земельных ресурсов при утилизации очищенных животноводческих стоков : монография / Кузнецов Е.В., Кузнецова М.Е., Семенова Н.Н. - Краснодар: КубГАУ. 2019. – 97 с.
78. Кузнецов Е.В. Формирование севооборотов для устойчивого развития сельскохозяйственных земель / Кузнецов, Е.В., Хаджиди, А.Е., Кузнецова, М.Е. // Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений: сб. ст. по материалам II Всерос. науч.-практ. конф. / отв. за вып. Е. В. Яроцкая. – Краснодар : КубГАУ, 2020. – С. 417-421.
79. Khadzhibi A. Method of managing the agricultural resource potential of agrolandscapes / Anna Khadzhibi, Evgeny Kuznetsov, Andrey Novikov, Arsen Kurtnezirov, Margarita Kuznetsova, Violetta Kochkina // E3S Web of Conferences 273, 06005 (2021) INTERAGROMASH 2021
80. Кузнецов Е.И., Михеев В.А., Закабунина Е.Н., Козырева И.П. Оптимальные пути использования животноводческих стоков на орошение и удобрение кормовых угодий на окультуренных почвах в Российской Федерации / Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации № 39110, 2013. - С. 78-85.
81. Кузнецова, М.Е. Анализ способов утилизации отходов крупного рогатого скота / Кузнецова М.Е., Хаджиди, А.Е. // Устойчивое развитие науки и образования. 2019. №2(29). С.241-248.
82. Кузнецова, М.Е. Комплексная утилизация жидкой фракции навоза крупного рогатого скота дождеванием / Кузнецова, М.Е., Хаджиди, А.Е., Кузнецов, Е.В., Полторак, Я.А. // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 4(32). С. 77–88.
83. Кузнецова, М.Е. Система переработки навоза в жидкие удобрения для утилизации орошением сельскохозяйственных культур / Кузнецова, М.Е., Хаджиди, А.Е. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). [Электронный ресурс]. -Краснодар: КубГАУ, 2019 - №08(152).

84. Кузыченко Ю.А. Формирование корневой системы кукурузы на зерно при различных системах обработки почвы в зоне Центрального Предкавказья / Стукалов Р.С., Гаджиумаров Р.Г. // «Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование» № 1/52, 2020. - С. 75-80.

85. Кутузова А.А., Трофимова Л.С., Проворная Е.Е. Методические основы и производственно-экологические результаты оценки потоков энергии в луговых агросистемах // Сборник научных трудов, выпуск 9 (57) / ФГБНУ «ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса». — М. : Угрешская Типография, 2016. — С. 50-74.

86. Кутузова А.А., Трофимова Л.С., Проворная Е.Е. Методика оценки потоков энергии в луговых агросистемах. Москва, Угрешская типография, 2015, 32 с.

87. Малюга Н.Г. Сбалансированная биологическая система земледелия – основа сохранения плодородия и высокой продуктивности черноземов Кубани // Васильев В.П., Гаркуша С.В., Родионов А.И., Кравцов А.М. / Трубы КубГАУ 2015. - № 1. - С. 125-129.

88. Мамченков И.П. Заготовка и применение органических удобрений, Москва. Минсельхоз и заготовок СССР, 1983, 59 с.

89. Мартиросян В.В. Устойчивость химического состава зерна среднеспелых самоопыленных линий кукурузы к изменяющимся условиям внешней среды // Сотченко Е.Ф., Сотченко Ю.В., Жиркова Е.В. / Материалы второй Всероссийской научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития селекции, семеноводства и размножение растений в связи с импортозамещением в АПК Российской Федерации, Ялта, 5-10 сентября 2016. - С. 273-280.

90. Марымов В.И. Использование промышленных сточных вод для орошения. Москва, Колос, 1982, 72с.

91. Марымов В.И. Сточные воды на полях орошения. Учебник и учебное пособие для студентов высших учебных заведений, Москва, Колос, 1993, 141с.

92. Маслов Б.С., Минаев И.В., Губер К.В. Справочник по мелиорации, Москва, Росагропромиздат, 1989, 184 с.

93. Материалы ООО «Биокомплекс-инжиниринга» - Биокомплекс. Переработка и утилизация (описание сепаратора серии SB-780) г. Москва, Щелковское шоссе, 70, 28.06.2016.
94. Мельник О.А. Влияние внесения отходов сельского хозяйства и промышленных производств на содержание в почве органического вещества / Журнал «Экологический вестник Северного Кавказа», 2010, том 6, № 1, С. 40-44.
95. Минеев В.Г. / Учеб. Агрехимия, издат. Колос, 2004, 720 с.
96. Михеев В.А., Кузнецова Е.И. Экологические аспекты использования животноводческих стоков на орошение и удобрение кормовых угодий. Журнал «Инновация и инвестиция», № 2, 2011. - С. 219-220.
97. Могилевцев В.И. Утилизация навоза/помета на животноводческих фермах для обеспечения экологической безопасной территории, наземных и подземных водных объектов в Ленинградской области, / А.Ю. Брюханов, Д.А. Максимов, Э.В. Васильев, И.А. Субботин, С. Я. Чернин, Ю. С. Парубец, А.Л. Гарзанов / Под ред. В.И. Могилевцева г. Санкт-Петербург, 2012.
98. Найденов А.С. Научно-обоснованные севообороты – залог высоких урожаев и сохранение плодородия почвы / Макливец Н.И. // Труды КубГАУ, 2012, №3, С. 138-140.
99. Нечаев В.И. Воспроизводство плодородия земли, как основная задача сельского хозяйства / Нечаев В.И., Желтобрюхова М.А. / Материалы третьей международной научно-практической конференции «проблема мелиорации земель и воспроизводства почвенного плодородия. Краснодар, КубГАУ, 20-22 октября 2014. С. 159-161.
100. Новичихин А.М. Эффективность удобрений и мелиорантов на почвах различной обеспеченностью элементами питания // Мухина С.В., Дубровина О.В. // Материалы второй Всероссийской научной конференции «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленности и сельскохозяйственного производства, Краснодар, 18-19 марта 2010, С. 246-248.

101. Новиков В.М. Использование сточных вод на полях (опыт ВНПО по сельскохозяйственному использованию сточных вод «Прогресс» // Новиков В.М. Элик Э.Е. // Москва, Россельхозиздат, 1996. - 80 с.
102. НТП-АПК 1.10.01-001-00. Нормы технологического проектирования ферм крупного рогатого скота Крестьянских хозяйств.
103. НТП-АПК 1.30.03.01-06. Нормы технологического проектирования оросительных систем с использованием животноводческих стоков.
104. Оросительные системы с использованием животноводческих стоков предназначены для почвенной очистки и обезвреживания стоков на корм // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 3(11), 2013. С. 78-85.
105. Отчет об агрохимическом обследовании почв ООО «Союз-Агро, Краснодар, 2019.
106. Ольгаренко Г.В., Турапин С.С. // Разработка и испытания новой отечественной широкозахватной дождевальная машины. Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. - № 12. - С. 78-83.
107. Патент РФ № 2448450. Чайка Е.А. Установка для подачи удобрений в оросительную сеть.
108. Патент РФ № 2528024. Кузнецов Е.В., Полторац Я.А., Хаджиди А.Е. Способ получения органического удобрения и система для его осуществления.
109. Патент РФ № 2598041(13) С1. Рабинович Г.Ю., Ковалев Н.Г., Смирнов Ю.Д. Способ приготовления компоста.
110. Патент RU 2 774 905 С1. Система для непрерывной утилизации жидкой фракции навоза крупного рогатого скота / Е.В. Кузнецов, М.Е. Кузнецова, А.Е. Хаджиди. (РФ) заявитель и патентообладатель Куб. гос. аграр. ун-т. // Заявл. № 2021133207 от 15.11.2021. Оpubл. 24.06.2022.
111. Патент RU 2 774 082 С1. Способ непрерывной утилизации жидкой фракции навоза крупного рогатого скота / Е.В. Кузнецов, М.Е. Кузнецова, А.Е. Хаджиди. (РФ) заявитель и патентообладатель Куб. гос. аграр. ун-т. // Заявл. № 2021133221 от 15.11.2021. Оpubл. 15.06.2022.

112. Пособие к ВНТП 01-98. Оросительные системы с использованием сточных вод и животноводческих стоков. Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ, НИИССВ «Прогресс».
113. Постылько В.К., Васюков А.А., Никитин В.Л., Кон Л.Б. Утилизация жидкого навоза на комплексе «Щапово» // Использование сточных вод на орошение – научные пруды ВАСХНИЛ, Москва, Колос, 1978.
114. Пузанов А.Т. Обеззараживание стоков животноводческих комплексов // Мхимарян Г.В., Гришаев И.М. // Москва, Агропромиздат, 1986, 176 с.
115. Рабинович Г.Ю. Инновационные технологии биоконверсии торфа в удобрения и биопрепараты / Г.Ю. Рабинович, Н.Г. Ковалев // Инновационные технологии использования торфа в сельском хозяйстве: Сб. докл. / ГНУ ВНИИОУ Россельхозакадемии. – 2010. С. 207-213.
116. РД-АПК 1.10.15.02-17. Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки с использованием навоза/помета.
117. РД-АПК-1.10.01.02-10. Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов КРС.
118. Реферат НИИ прикладной и экспериментальной экологии КубГАУ. Экологическая оценка современного состояния отходов животноводства (свиного навоза и птичьего помета).
119. Русакова И.В. Роль послеуборочных остатков в круговороте биогенных элементов в агроценозах. Материалы международной научно-экологической конференции «Отходы, причины их образования и перспективы использования, Краснодар, 26-27 марта 2019. С. 523-527.
120. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.7.573-96, Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения.
121. Сбалансированная биологическая система удобрений, ЗАО «Кубань», Каневского района.

122. Сборник «Регионы России. Социально-экологические показатели Федеральной службы государственной статистики». Экспертно-политический центр агробизнеса. 2020.
123. Семенова П.Я. Бесподстилочный навоз и его использование для удобрения / М. : Колос. 1978, 271 с.
124. Симакин А.И. Удобрение плодородие почв и урожай в условиях интенсивного земледелия. Краснодар, Краснодарское книжное издательство, 1988, 270 с.
125. Сотченко Е.Ф. Сравнительная оценка химического состава зерна самоопыленных линий кукурузы // Сотченко Е.Ф., Жиркова Е.В., Мартиросян В.В., Конарева Е.А. // Труды КубГАУ № 2, 2015. С. 11-17.
126. СП 100.13330.2016 Мелиоративные системы и сооружения.
127. Станков Н.З. Корневая система полевых культур, М. : Колос, 1964, 286 с.
128. Сыромятников Ю.Д. Повышение интенсивности разложения соломы в почве // Сыромятников И.Д., Шумикова Г.Д. // Материалы Всероссийской научной конференции «Проблема рекультивации отходов быта, промышленности и сельскохозяйственного производства» 16-17 марта 2009, Краснодар. С. 124-128.
129. Терпигорев А.А. Механизация внесения подготовленных животноводческих стоков КРС поверхностным поливом по бороздам / А.А. Терпигорев, А.М. Буцыкин, Л.П. Рева // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования. – 2007. – Т. 1. – С. 364-371.
130. Теучеж А.К. влияние навоза КРС на физико-химические свойства почвы и продуктивность растений / Теучеж А.К., Гукалова В.В. // Материалы международной научной экологической конференции «Отходы, причины их образования и перспективы использования», Краснодар. С. 456-488.
131. Трофимов И.А. Прорыв в развитии сельского хозяйства России связан с кормопроизводством и многолетними травами / Трофимов И.А., Трофимова А.С. // Труды КубГАУ, выпуск 2(59), 2016, стр. 204-208. Материалы

2й Всероссийской научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития селекции, семеноводства и размножение растений в связи с импорт замещением в АПК Российской Федерации», Ялта, 5-10 сентября, 2016.

132. Трубилин А.И. Мелиорация земель – залог получения гарантированного урожая сельскохозяйственных культур и сохранения плодородия почв // Трубилин А.И., Кузнецов Е.В. // Труды КубГАУ, 2008. С. 6-10.

133. Тузов И.Н. Развитие мясного скота в Краснодарском крае / Труды КубГАУ Выпуск 4(43), 2013. С. 147-149.

134. Угрюмова А.А., Замаховский М.П., Капустина Т.А. Технологическая безопасность сельского хозяйства в регионах с мелиоративным земледелием // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2018. Т. 14.- № 2 - (359). С. 221-235.

135. «Утонет ли Россия и Кубань в навозе? Грозящая катастрофа и как с ней бороться?». Агропромышленная газета № 21 от 8 июля 2008.

136. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» // N 7-ФЗ от 10.01.2002 (ред. от 26.03.2022) / «Российская газета», N 6, 12.01.2002, «Парламентская газета», N 9, 12.01.2002, «Собрание законодательства РФ», 14.01.2002, N 2, 133 с.

137. Федеральный закон «О ветеринарии» // ФЗ-4979-1 от 14.05. (ред. от 02.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2022) / "Ведомости СНД и ВС РФ", 17.06.1993, N 24, 857 с.

138. Хаджиди, А.Е. Проблема утилизации очищенных сточных вод перерабатывающих сельскохозяйственных предприятий на земельно-охрошенных полях орошения / Хаджиди, А.Е., Кузнецова, М.Е. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. - Вып. 5(38). - С.156-163.

139. Харджиндер М.С. Интенсивность роста массы тела быков калмыцкой породы в условиях Самарской области / Харджиндер М.С., Байнашев И.П., // Труды КубГАУ, Выпуск 4/43, 2013. - С. 178-179.

140. Хохлова О.Б. Биохимический подход к энергетической оценке органического вещества почвы при решении проблемы воспроизводства почвенного плодородия // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы мелиорации земель и воспроизводства почвенного плодородия», Краснодар, КубГАУ, 2008. - 172с.

141. Чайка, Е.А. Технические средства подготовки навозных стоков КРС при низконапорном мелкоструйном орошении кормовых культур: специальность 06.01.02 «Мелиорация, рекультивация и охрана земель» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Чайка Евгений Анатольевич ; Новочеркасская государственная мелиоративная академия – Новочеркасск, 2012 - Диссертация 2012 г., Новочеркасск.

142. Чеботарев М.М., Машенко И.В, Утилизация незерновой части урожая риса, как фактор повышенного плодородия рисового поля. -Материалы II международной научно-практической конференции «Проблемы мелиорации земель и воспроизводства почвенного плодородия, Краснодар, 14-16 октября 2009. С. 153-156.

143. Чекмарев П.А. Состояние плодородия почв и мероприятия по его повышению в 2012 году, Журнал «Агрономический вестник» № 1, 2012

144. Шумаков В.В., Лобов И.Ф. Кормопроизводство на орошаемых землях, Москва, Россельхозиздат, 1977. – 126 с.

145. Эльмесов А.М., Бесланев С.М. Применение органоминеральных удобрений при обменном посеве кукурузы. Журнал «Агрохимический вестник» № 6, 2002. - С. 27-29.

146. Ягодин Е.А. Агрохимия. //Смирнов П.М., Демин В.А., Петербургский А.В., Решетникова Н.В., Асаров Х.К. // М.: - Агропромиздат, 1989. - 656с.

147. Kusiluka, LJM. Animal Waste Management Practices and Perceptions on Public and Environmental Health Risks / LJM Kusiluka, P Gallet, AN Mtawa // Huria: Journal of the Open University of Tanzania. – 2012. – 12(1). – Pp. 57-75.

148. Epov, A.N., Wastewater Treatment of Enterprises of the Agro-industrial Complex, A.N. Epov, M.A. Kanunnikova, The Best Available Technologies of Water Supply and Disposal, Issue 1, - 2015. Pp. 52-59.

149. Thraveersi, J., Granulation and Sludge Bed Stability in Upflow Anaerobic Sludge Bed Reactors in Relation to Surface Thermodynamics / J. Thraveersi; D. Daffonchio; B. Liessens; P. Vandermeren and W. Verstraete, Applied and Environmental Microbiology, 1995, Issue 61(10). Pp. 3681-3686.

150. Van Horn H.H. Agricultural and Environmental Issues in the Management of Cattle Manure. H. H. Van Horn and M. B. Hall. Department of Dairy and Poultry Sciences, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, P.O. Box 110920, Gainesville, FL 32611-0920. Agricultural Uses of By-Products and Wastes. Chapter 7, pp 91–109. DOI: 10.1021/bk-1997-0668.ch007. ACS Symposium Series, Vol. 668.

151. Rosa M. C. Muchovej and R. S. Pacovsky. Future Directions of By-Products and Wastes in Agriculture. Agricultural Uses of By-Products and Wastes. DOI: 10.1021/bk-1997-0668.ch001.

152. ACS Symposium Series, Vol. 668. ISBN13: 9780841235144eISBN: 9780841216273. Publication Date (Print): July 01, 1997.

153. M. Irshad, A. E. Eneji, Z. Hussain and M. Ashraf. Chemical characterization of fresh and composted livestock manures. Journal of soil science and plant nutrition. Version On-line ISSN 0718-9516. J. Soil Sci. Plant Nutr. vol.13 no.1 Temuco mar. 2013. Epub 06-Feb-2013.

154. Bolan, N.S., Adriano D.C., Mahimairaja, S. 2004. Distribution and bioavailability of trace elements in livestock and poultry manure by-products. Crit. Rev. Environ. Sci. Tech. 34, 291-338.

155. M. Irshad, A. E. Eneji, Z. Hussain and M. Ashraf. Chemical characterization of fresh and composted livestock manures. Journal of soil science and plant nutrition. Version On-line ISSN 0718-9516. J. Soil Sci. Plant Nutr. vol.13 no.1 Temuco mar. 2013. Epub 06-Feb-2013. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162013005000011>.

СОГЛАСОВАНО
Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО Кубанского ГАУ
А. Т. Кошаев
«03» 07 2022г.



УТВЕРЖДАЮ
Директор ООО «Союз-Агро»
А. А. Калашян
«03» 07 2022г.



АКТ

о внедрении научных и практических результатов диссертации

Результаты диссертационного исследования Кузнецовой Маргариты Евгеньевны «Утилизация жидкой фракции навоза КРС на агроландшафтах дождеванием» были внедрены в проекте мелиоративной системы на площади 2040 га, в том числе: осушение на площади 634 га с оградительной дамбой для защиты от затопления сельскохозяйственных земель; орошение сельскохозяйственных культур на площади 1406 га, из них орошение очищенными животноводческими стоками на площади 292,7 га в ООО «Союз-Агро» Гулькевичского района Краснодарского края.

Аспирантом Кузнецовой М.Е. в период 2019-2022 гг. было проведено испытание пригодности оросительной воды для утилизации дождеванием на агроландшафтах ООО «Союз-Агро» площадью 292,7 га при выращивании кукурузы на зерно.

Установлено, что при внесении разбавленной фракции подготовленных навозных стоков водой из природного источника повышается мелиоративное состояние почвы опытного участка путем увеличения содержания гумуса на 0,9 %, общего гумуса на 2 % по сравнению с исходным состоянием и дополнительным поступлением с оросительной водой в почву азота, фосфора и калия - 130 кг/га; 80 кг/га и 90 кг/га соответственно. Разработан режим орошения кукурузы на зерно при утилизации дождеванием и обоснована норма орошения жидкой фракцией, равная 330 м³/га при коэффициенте разбавления ее к природной воде 1:8,7. В результате получена прибавка урожая кукурузы на зерно на 10 ц/га.

Представители ООО «Союз-Агро»
Заместитель директора по развитию
Заместитель директора по мелиорации



М.В. Рыбалкин
П.Б. Лебедев

Представители от ФГБОУ ВО Кубанского ГАУ

Профессор кафедры гидравлики
и с.-х. водоснабжения
Аспирант



А.Е. Хаджиди
М.Е. Кузнецова

СОГЛАСОВАНО
Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО Кубанского ГАУ


А. И. Кошаев
«17» 02 2023г.



УТВЕРЖДАЮ
Директор ООО «Союз-Агро»


А. А. Калашян
«17» 02 2023г.



АКТ

**о внедрении системы для непрерывной утилизации жидкой фракции
навоза крупного рогатого скота по договору № 1 от 24.02.2023 г.**

В ООО «Союз-Агро» Гулькевичского района Краснодарского края внедрена система для непрерывной утилизации жидкой фракции навоза крупного рогатого скота, которая обеспечивает возможность выполнения переработки жидких отходов круглогодичной утилизации дождеванием на агроландшафтах площадью 292,7 га. Обеспечивается экономия водных ресурсов природного источника орошения Новокубанского канала в объеме 83919 м³ в год.

Представители ООО «Союз-Агро»

Заместитель директора по развитию
Заместитель директора по мелиорации

М.В. Рыбалкин
П.Б. Лебедев

Представители от ФГБОУ ВО Кубанского ГАУ

Профессор кафедры гидравлики
и с.-х. водоснабжения
Аспирант

А.Е. Хаджиди
М.Е. Кузнецова

СОГЛАСОВАНО
Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО Кубанского ГАУ


А. Г. Коцаев
«14» _____ 2023г.



УТВЕРЖДАЮ
Директор ООО «Союз-Агро»


А. А. Калашян
«17» _____ 2023г.



АКТ

**о внедрении способа непрерывной утилизации жидкой фракции навоза
крупного рогатого скота по договору № 2 от 24.02.2023 г.**

В ООО «Союз-Агро» Гулькевичского района Краснодарского края внедрен способ непрерывной утилизации жидкой фракции навоза крупного рогатого скота, на основе которого разработана операторная модель комплексной ресурсосберегающей круглогодичной технологии, обеспечивающая последовательное выполнение операций переработки навоза крупного рогатого скота с целью получения жидкой фракции к утилизации дождеванием на агроландшафтах. Непрерывная утилизация жидкой фракции навоза выполнена дождеванием и обеспечивает рациональное использование водных ресурсов и повышение мелиоративного состояния почв оросительной системы.

Представители ООО «Союз-Агро»

Заместитель директора по развитию
Заместитель директора по мелиорации




М.В. Рыбалкин
П.Б. Лебедев

Представители от ФГБОУ ВО Кубанского ГАУ

Профессор кафедры гидравлики
и с.-х. водоснабжения
Аспирант



А.Е. Хаджиди
М.Е. Кузнецова

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2774082

**Система для непрерывной утилизации жидкой фракции
навоза крупного рогатого скота**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина" (RU)*

Авторы: *Кузнецов Евгений Владимирович (RU), Кузнецова
Маргарита Евгеньевна (RU), Хаджиди Анна Евгеньевна
(RU)*

Заявка № 2021133221

Приоритет изобретения **15 ноября 2021 г.**

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **15 июня 2022 г.**

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **15 ноября 2041 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2774905

Способ непрерывной утилизации жидкой фракции навоза крупного рогатого скота

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина" (RU)*

Авторы: *Кузнецов Евгений Владимирович (RU), Кузнецова Маргарита Евгеньевна (RU), Хаджиди Анна Евгеньевна (RU)*

Заявка № 2021133207

Приоритет изобретения 15 ноября 2021 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 24 июня 2022 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 15 ноября 2041 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ЖФ ДОЖДЕВАНИЕМ НА УРОЖАЙНОСТЬ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО

Исследования по выращиванию кукурузы на зерно проводились в 2019-2021 гг. на площади утилизации жф - 292,7 га ООО «Союз-Агро». Для исследований было выбрано поле Р13. На поле Р13 вносилась жф в пропорции 1:8,7 дождевальными машинами Валей при норме высева 70 тыс. семян на га.

Оросительная норма была принята на основе теоретических исследований 3200 м³/га. Поливная норма рассчитана с учетом климатических характеристик района и составляла 355,5 м³/га, всего было проведено 9 поливов.

При проведении экспериментов межполивной период корректировался с учетом осадков, но при этом оросительная норма оставалась постоянной 3200 м³/га для кукурузы на зерно. Жф из механического биореактора поступала во всасывающий трубопровод головной НС расположенной на Новокубанском канале. На полях выращивалась кукуруза «Моторикс» – классический гибрид с початком зубовидным типом ФАО 300. На рисунке 1п приведена схема опыта с опытными деланками.

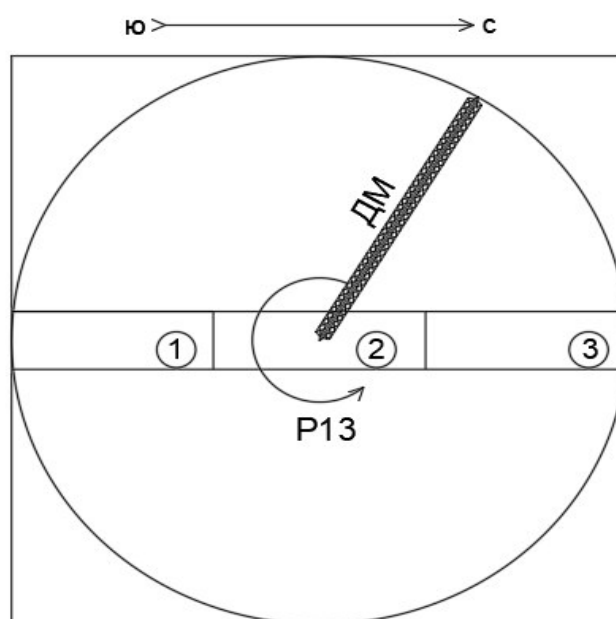


Рисунок 1п – Схема опыта 2019-2020гг.

На опытном поле Р 13 мелиоративной системы выбирались 3 опытных делянки размером 10 м длиной и 1 м шириной. Делянки располагались с юга на север, как показано на схеме. Количество растений на делянках учитывалось перед уборкой кукурузы, чтобы установить влияние утилизации жф на биологическую урожайность кукурузы.

На соседнем поле мелиоративной системе кластера 11 устраивался контрольный участок, где кукуруза Матрикс орошалась дождеванием по технологии принятой в ООО «Союз-Агро».

Целью опытов было установить влияние утилизации жф дождеванием на урожай кукурузы при коэффициенте разбавления жф 8,7.

Схема выполнения опытов.

1. Перед уборкой урожая кукурузы на исследуемом поле Р 13 и контрольном поле Р 8 выделялись опытные участки размером длиной 10 м и шириной 1 м.

2. На поле Р13 и контрольном поле Р 8 выбирались 3 опытных участка, которые размещались с юга на север, как показано на рисунке 1п.

3. На каждом участке отбиралось по 100 растений, урожай початков пересчитывался на 100 растений.

4. Из всего количества опытных початков было отобрано случайной выборкой по 10 початков, в которых определялось количество рядов и количество зерен кукурузы, определялась масса 1000 зерен и средняя масса зерен в одном початке.

5. Находилась биологическая урожайность на 1 м² опытного и контрольного участка по формуле:

$$Y_6 = n \times ЗП \times N \times 0,001, \quad (1п)$$

где Y_6 – биологическая урожайность на опытном участке, кг/м²; n – количество растений перед уборкой кукурузы на 1 м²; $ЗП$ – масса зёрен одного початка, г; N – количество зёрен в початке, шт.; 0,001 – коэффициент перевода в кг/м².

Биологическая урожайность Y_0 (т/га) опытных полей определяется по формуле:

$$Y_o = Y_6 \times F \times 0,001 \quad (2п)$$

где F – 1 га = 10000 м²; 0,001 – коэффициент перевода в т/га.

Результаты опытов на участке 1 опытного поля Р 13 для 10 початков приведены в таблице 1п.

Таблица 1 п – Обработка результатов опытов на 1 участке поля Р13

Но- мер по- чатка	Количество рядов, шт.	Количество зёрен в по- чатке, шт.	Масса, г		
			Масса початка	1000 зерен	Зерен в по- чатке
1	16	500	247	368	181
2	17	503	251	361	190
3	16	514	248	370	192
4	16	521	249	381	188
5	16	513	259	374	187
6	17	512	251	381	179
7	16	501	255	365	195
8	16	480	249	374	186
9	17	475	259	375	181
10	16	502	258	369	187
Ср.	16,2	502,1	252,4	371,6	185,6

На площади опытного участка 1 поля Р13 на 1м² на конец уборки урожая кукурузы было в среднем 6,5 растения кукурузы Матрикс, следовательно, на 1га было получено 65 тыс. шт. растений со средней массой зёрен в початке 185,6 г.

Результаты опытов на участке 2 опытного поля Р 13 для 10 початков приведены в таблице 2п.

Таблица 2 п – Обработка результатов опытов на 2 участке поля Р13

Но- мер по- чатка	Количе- ство ря- дов, шт.	Количество зёрен в по- чатке, шт.	Масса, г		
			Масса початка	1000 зерен	Зерен в по- чатке
1	16	509	251	370	189
2	16	517	247	362	187
3	16	513	258	371	185
4	17	514	260	363	190
5	16	512	245	370	188
6	16	514	261	371	184
7	16	512	252	368	192
8	18	517	259	367	196
9	16	509	258	361	181
10	16	514	257	368	189
Ср.	16,3	513,1	254,8	367,5	188,0

Аналогично были обработаны остальные опытные и контрольные участки с урожаем кукурузы.

Сводный расчет биологической урожайности кукурузы при утилизации жф представлен в таблице 3 п.

Таблица 3 п – Средняя биологическая урожайность кукурузы при утилизации жф дождеванием

Варианты	Количество початков на растение, шт.	Масса, г			Биологиче- ская урожай- ность, т/га
		Одного по- чатка	Зёрен с од- ного початка	1000 зёрен	
1 участок	1,15	252,4	185,6	371,6	13,87
2 участок	1,15	254,8	188,0	367,5	14,05
3 участок	1,15	255,3	189,2	368,7	14,14
Среднее	-	-	-	-	14,02
Контроль, ср.	1,14	248,4	176,3	363	13,06

Биологическая урожайность на мелиоративной системе кластера 11 на поле Р 13 превысила урожайность контрольного поля Р 8 на 9,6 ц/га или на 6,8 %.