

УДК 631.6.02:628.381.4

**ОРОСИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ****Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е., Кузнецова М.Е., Куртнезирова А.Н.,
Килиди Х.И., Колесниченко К.В.***ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»,
Краснодар, e-mail: dtn-khanna@yandex.ru*

Существующие способы утилизации навозных стоков нуждаются в совершенствовании переработки отходов на начальном этапе и подготовки к утилизации. Дано обоснование утилизации животноводческих стоков дождеванием на оросительных системах при выращивании сельскохозяйственных культур в условиях Юга России. Утилизация включает выбор способа полива; подготовку отходов (навоза) к переработке и транспортировке на оросительную систему, где происходит выращивание культур с применением животноводческих стоков. Установлено, для что предотвращения водной эрозии почв при орошении стоками следует применять дождевание. Лучшую устойчивость к коррозии, степень экологичности, качество и высоту распыления жидкой фазы стоков по полю, а также возможность эффективной автоматизации полива имеют дождевальные машины кругового действия. При утилизации оросительной воды дождеванием необходимо проводить подготовку стоков к переработке, которая включает: накопление, гомогенизацию, разделение навоза на фракции методом сепарации, аэробноферментацию жидкой фракции в биореакторе, транспортировку, дозировку и орошение сельскохозяйственных культур. Для обоснования орошения для утилизации животноводческих стоков выполнен физико-химический анализ состава навоза крупного рогатого скота. Установлено, что навозные стоки содержат больше легко растворимых питательных веществ, чем подстилочный навоз. Содержание микроэлементов в стоках не превышает значений предельно допустимых концентраций и оказывает положительное влияние на рост и развитие растений. При внедрении оросительной системы с использованием животноводческих стоков в условиях Гулькевичского района Краснодарского края урожай кукурузы на зерно увеличился на 20% по сравнению с орошением водой из природного источника.

Ключевые слова: орошение, навоз, крупный рогатый скот, утилизация, сепарация, урожай**IRRIGATING SYSTEM USING ANIMATIC DRAINS****Kuznetsov E.V., Khadzhidi A.E., Kuznetsova M.E., Kurtnezirov A.N.,
Kilidi K.I., Kolesnichenko K.V.***Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar, e-mail: dtn-khanna@yandex.ru*

Existing methods of disposal of manure stocks need to be improved at the initial stage of waste processing and preparation for disposal. The rationale for utilization of livestock waste by sprinkling on irrigation systems for growing crops in the conditions of the South of Russia is given. Recycling includes choosing a method of watering; preparation of waste (manure) for processing and transportation to the irrigation system, where crops are grown using livestock waste. It has been established that sprinkling should be used to prevent water erosion of the soil during irrigation with drains. Better corrosion resistance; degree of environmental friendliness; the quality and height of the spraying of the liquid phase of the effluent across the field, as well as the possibility of effective automation of irrigation, have circular irrigation sprinklers. When irrigating irrigation water is utilized by sprinkling, it is necessary to prepare wastewater for processing, which includes: accumulation, homogenization, separation of manure into fractions by the separation method, aerobiofermentation of the liquid fraction in the bioreactor, transportation, metering and irrigation of crops. In order to substantiate irrigation, a physico-chemical analysis of the composition of cattle manure was carried out for the disposal of livestock waste. It has been found that manure drains contain more readily soluble nutrients than litter manure. The content of trace elements in the effluent does not exceed the values of maximum permissible concentrations and has a positive effect on the growth and development of plants. When introducing an irrigation system using livestock waste in the conditions of the Gulkevichsky district of the Krasnodar Territory, the corn harvest for grain increased by 20% compared to irrigation with water from a natural source.

Keywords: irrigation, manure, cattle, utilization, separation, harvest

Существуют различные способы утилизации очищенных стоков крупного рогатого скота (КРС). Способ утилизации стоков в лагунах с последующим вывозом отходов на поля, с экологической точки зрения, наносит огромный вред окружающей среде и экономически не целесообразен [1]. Способ внесения жидких не подготовленных стоков с помощью шланговых машин в борозды экономически не оправдывает себя, так как утилизация стоков возможна

только в осенне-зимний период, и он экологически не обоснован [2]. Имеются поля фильтрации отходов для животноводства, где при их хранении в течение нескольких лет происходит испарение жидкой фракции в атмосферу и её фильтрация в грунт. Положительным моментом технологии является накопление твердой фракции отходов, которые можно применять в качестве органических удобрений [3]. Данные способы нуждаются в совершенствовании переработки

отходов на начальном этапе и подготовки к утилизации. С эколого-экономической позиции упомянутые технологии требуют ряда доработок в части: автоматизации управления утилизацией стоков; неравномерности внесения отходов на поля; охраны земель и водных объектов от загрязнений при длительном хранении в лагунах и полях фильтрации. В работе дано обоснование утилизации отходов дождеванием на оросительных системах при выращивании сельскохозяйственных культур в условиях Юга России.

Цель исследования: обосновать утилизацию дождеванием стоков КРС на оросительных системах (ОС) для выращивания сельскохозяйственных культур. Из поставленной цели следует решение задач: выбор типа дождевальных машин (ДМ), которые будут наиболее адаптированными к условиям утилизации стоков [4]; подготовка отходов (навоза) к переработке и транспортировке стоков на ОС [5], где происходит выращивание культур орошением; выбор типа дождевальных машин и техники полива. В основном необходимо разрабатывать оросительные системы нового поколения для кормовых, технических и зерновых культур. Они должны удовлетворять следующим требованиям: обеспечивать полную механизацию, автоматизацию и непрерывность технологического процесса утилизации; позволять проводить удобрительные и увлажнительные поливы независимо от погодных условий; распределять влагу и удобрения по полю с высокой равномерностью; осуществлять дозированный полив стоками в соответствии с мелиоративными режимами территорий; не допускать сброса стоков с орошаемой площади; удовлетворять требованиям охраны окружающей среды [6].

Материалы и методы исследования

Оросительную систему с использованием животноводческих стоков следует относить к разряду многоцелевых, то есть она может применяться как для внесения подготовленных стоков, так и для орошения природной водой или смесью подготовленных стоков с оросительной водой (ОВ). Без этих технологических требований оросительная система будет экономически не выгодной, а также она должна отвечать санитарно-гигиеническим и зооветеринарным требованиям внесения жидких органических удобрений с оросительной водой [7].

Оросительная система с использованием животноводческих стоков должна

выполнять комплексную задачу: забирать воду из надежного естественного источника, обеспечивать подачу воды по напорным трубопроводам к дождевальным машинам. Трубопроводы применяются из полимерных материалов, например марки ПЭ SDR26. Такой выбор материала обуславливается транспортировкой ОВ, которая состоит из 2 компонентов: чистой воды и жидкой фракции (ЖФ) стоков, подготовленных к утилизации дождеванием. Для смешения стоков с водой используются эжекторы или подкачивающие насосы для создания необходимой концентрации ОВ. Эжектор позволяет в автоматическом режиме дозировать подачу подготовленных стоков к смешению с водой источника. Накопитель – биореактор применяется для подготовки ЖФ к утилизации. В биореакторе с помощью аэробной биоферментации стоки обрабатываются кислородом и готовятся к внесению на поля дождеванием [5]. К эксплуатации трубопроводов следует предъявлять особые требования. Выбор труб из полимеров обеспечивает высокую химическую стойкость и долговечность материалов, которые имеют высокие эксплуатационно-технологические показатели и положительно влияют на охрану окружающей среды. Однако следует иметь в виду, что они подвержены старению. При низких температурах становятся хрупкими, следовательно, чувствительными к внешним и внутренним нагрузкам, а при повышении температуры резко падает их прочность на сжатие [8].

Результаты исследования и их обсуждение

На эксплуатацию ОС по утилизации ЖФ-отходов значительное влияние оказывают тип дождевальных машин (ДМ), техника и режим орошения, состав ЖФ-отходов (качество навоза КРС), степень разбавления стоков.

При выборе ДМ учитываются следующие параметры: устойчивость к коррозии конструкции машины (трубы, ротаторы, опоры и др.); степень экологичности, где понимается наименьший ущерб окружающей среде и человеку (оператору); качество и высота распыления ЖФ по полю, где КПД не является определяющим параметром; автоматизация полива. Этим требованиям, на наш взгляд, достаточно полно отвечают ДМ кругового действия. К ним следует отнести передвижные дождевальные машины нового поколения, которые представляют собой технически современные самодвижущиеся

агрегаты, пригодные для орошения любых сельскохозяйственных культур.

Важный этап в разработке ОС по утилизации ЖФ-отходов животноводства – выбор способа орошения и разработка режима орошения. При дождевании ОВ подается на поля в виде искусственного дождя без образования луж и стока на поверхности почвы. Исследования показывают, что ДМ кругового действия можно применять при сложном рельефе, где они обеспечивают высокую равномерность полива и требуемую малую интенсивность дождя [9]. Интенсивность дождя, обеспечивающая в конкретных условиях подачу требуемой нормы полива без стока (образования луж), называется допустимой. Допустимую интенсивность дождя определяют опытным путем для каждого поля. На допустимую интенсивность влияет размер капель дождя, который колеблется от 1,0 до 1,5 мм, что соответствует агротехническим требованиям. Опыт эксплуатации дождевальных машин показал, что при утилизации стоков орошением ДМ надо подавать стоки влажностью не менее 98%. При более низкой влажности из-за низкой впитываемой способности почв стоки образуют лужи даже на водопроницаемых почвах при поливной норме $m = 150\text{--}200 \text{ м}^3/\text{га}$, что приводит к локальному загрязнению участков. Коэффициент распределения слоя осадков, выражаемый при дождевании коэффициентом эффективного полива, должен быть $K_{\text{эф}} > 0,6$.

Комплексная система орошения утилизации ЖФ КРС успешно реализуется при откормочной ферме молодняка на животноводческом комплексе (ЖК) ООО «Союз-Агро» Гулькевичского района Краснодарского края. При обосновании орошения для утилизации ЖФ выполнен физико-химический анализ состава навоза КРС. По физическому состоянию жидкий навоз представляет суспензию, где дисперсионной средой является водный раствор минеральных солей и органических соединений, входящих в состав экскрементов животных, а дисперсной фазой – твердые частицы экскрементов, корма и некоторое количество включений. По форме и размеру частиц дисперсная фаза неоднородна, в ней содержатся частицы размером более 10 мм и менее 0,1 мм.

В состав твердой фазы не входят тонкодисперсные частицы, находящиеся в составе коллоидов. Коллоидные растворы в совокупности с истинными составляют дисперсную среду, так как сухое вещество, содержащееся в них, не может быть выделено без применения специальных методов

обработки. Количество сухого вещества, находящегося в твердой фазе, составляет от 72,5 до 80% всего сухого вещества навоза. Остальная, меньшая часть сухого вещества, входит в состав растворов, представляющих дисперсную среду. Навоз КРС содержит значительное количество питательных веществ: азот, фосфор, калий. При бесподстилочном содержании животных получается жидкий навоз, в состав которого входят экскременты животных, некоторое количество кормов, попадающих из кормушек во время кормления, и вода, поступающая в систему навозоудаления во время мойки кормушек, полов, промывки навозоприемных каналов.

При эксплуатации ОС важное значение имеют размеры ЖК, который состоит из модулей – ферм, где в каждом модуле содержится 2000 телят на откорме. Объем стоков определяет выбор ДМ, степень разбавления стоков, подбор культур севооборота. ЖК специализируется на выращивании молодняка возрастом 12 месяцев и старше. При поении телят из индивидуальных поилок суточный объем стоков значителен и составляет $136 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Из расчета выхода суточного расхода стоков, времени промежуточных технологических операций подготовки отходов к сепарации определяются геометрические размеры приемника и усреднителя навозных стоков для получения гомогенизированной массы. Переработка стоков определяется физико-механическими свойствами и химическим составом навоза. Физико-механические свойства навоза в основном зависят от кормового рациона и возраста молодняка, также от других факторов. Однако основным фактором, определяющим физико-механические свойства, является влажность. Влажность и содержание сухого вещества – основные показатели, от которых зависят определяющие свойства стоков. В экскрементах КРС содержится 87–90% воды. Химический состав навоза определяет его ценность. К химическим свойствам относятся: содержание питательных веществ (азота, фосфора и калия); содержание ингредиентов (углекислоты, аммиака, сульфидов, сульфатов, хлоридов, кальция, магния), *pH* и микроэлементов [10].

Фракционный состав определяет надежность функционирования ДМ при утилизации стоков, который представляет полидисперсную массу, состоящую из воды, твердых включений и газов. Твердые включения – это различные органические и минеральные вещества, остатки корма, экскременты животных (табл. 1).

Таблица 1

Гранулометрический состав твердых частиц, %

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

Гранулометрический состав, суточный расход стоков, плотность жидкого навоза и твердых включений влияет на подбор гомогенизатора, насосов и сепаратора для подготовки навоза к переработке. Плотность жидкого навоза $W < 90\%$ имеет значение 1080 кг/м^3 . Плотность твердых включений навоза колеблется от 800 до 1500 кг/м^3 . Частицы твердых включений с плотностью $1050\text{--}1750 \text{ кг/м}^3$ составляют не более 80% .

На утилизацию стоков дождеванием значительное влияние оказывают их физико-химические свойства. При подготовке навоза к переработке в сепараторах необходимо учитывать реологические свойства, которые характеризуются динамической вязкостью, предельным напряжением и тиксотропностью. Исследования по определению динамической вязкости показывают, что до влажности стоков (W) 92% она зависит от вида и типа животных, рациона кормления, сроков хранения стоков, а при $W > 92\%$ решающее значение оказывает количество свободной дисперсной среды. Предельное напряжение сдвига γ_0 – показатель жесткости структуры навоза, следует учитывать в гидравлическом расчете каналов и трубопроводов только при влажности навоза $W < 91\%$. При $W > 95\%$ значения γ_0 приближаются к нулю, то есть стоки проявляют свойства «ньютоновской» жидкости высокой вязкости.

При гидравлических расчетах вязких жидкостей, гомогенизированных отходов следует учитывать такие свойства, как тиксотропность и седиментация стоков, которые характеризуют их способность восстанавливать исходную структуру, разрушенную механическим воздействием, и способность к расслоению и образованию осадка в трубах при малых скоростях течения.

Гомогенизированные отходы КРС практически не расслаиваются при длительном отстаивании, что объясняется наличием в них большого количества коллоидных частиц, удерживающих свободную влагу. При разбавлении отходов водой до влажности $W = 90\%$ и длительном отстаивании идет процесс расслоения с образованием осадка $12\text{--}14\%$, осветленной жидкости $11\text{--}12\%$ и плавающего слоя. Дальнейшее

разбавление водой интенсифицирует процесс расслоения, приводит к уменьшению плавающего слоя и увеличению выхода осветленной жидкости пропорционально количеству добавляемой воды.

Следовательно, при расчете технологических сооружений для хранения навоза необходимо предусматривать процессы гомогенизации и перемешивания стоков. Процессы зависят от гидравлической крупности, которая определяет интенсивность образования осадка твердых частиц, так как она является скоростью осаждения частиц в покоящейся жидкости и зависит от плотности частиц, их формы и концентрации, вязкости дисперсной среды; чем больше массовая концентрация взвесей и вязкость стоков, тем меньше гидравлическая крупность, и при влажности $W < 91\%$ осаждение прекращается.

Поверхностное натяжение жидкого навоза характеризует его способность распадаться на капли при дождевании, а также ведет к пенообразованию при перемешивании с воздухом. На поверхностное натяжение стоков оказывают влияние свойства жидкой фазы, то есть наличие вне полярных молекул и полярных групп различных органических соединений, являющихся поверхностно активными. При низких его значениях происходит сильное пенообразование при перемешивании стоков.

Химические свойства определяют содержание в стоках основных питательных веществ для растений: азота, фосфора, калия, а также различных ингредиентов, характеризующих корродирующее влияние стоков на материалы, из которых изготовлены насосные агрегаты, трубопроводы и арматура, ДМ и электротехническое оборудование.

Навозные стоки – это ценное органическое удобрение, которое содержит больше легкорастворимых питательных веществ, чем подстилочный навоз. В них находится до 70% азота в легкорастворимой аммиачной форме. Фосфор в стоках входит в состав органических соединений и лучше усваивается, чем фосфор минеральных удобрений. Калий в стоках находится в легко растворимой форме и почти полностью поглощается растениями [11].

Таблица 2

Содержание микроэлементов мг/кг в ОВ (навоз телят на откорме)

Вид животных	Микроэлементы, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	As	Pt
Телята на откорме (анализ 07.09.2018 г.)	–	< 0,26	16,3	39,2	0,8	15,9

Таблица 3

Усредненный состав ОВ от комплекса телят КРС, %

Вид животных	Макроэлементы	Значение
Телята на откорме (анализ 07.09.2018 г.)	NO ₃ ⁻	следы
	азот общий N ⁺	0,091
	азот аммиачный	0,032
	фосфор P ₂ O ₅	0,018
	калий K ₂ O	0,084

Микроэлементы в стоках оказывают положительное влияние на рост и развитие растений. При утилизации стоков дождеванием они в малых дозах, но в полном объеме усваиваются растениями, так как в первую очередь попадают на листовую поверхность растений. В табл. 2 приводятся исследования по содержанию микроэлементов в ОВ.

Результаты исследования показывают, что содержание микроэлементов не превышает ПДК для целей утилизации ОВ дождеванием. Содержание макроэлементов в ОВ высокое и дано в табл. 3.

Состав ОВ по питательным веществам формирует почвенное плодородие при утилизации стоков, а также обеспечивает питательными веществами при орошении дождеванием сельскохозяйственные культуры. Урожайность кукурузы на зерно увеличилась на 20% по сравнению с орошением чистой водой.

Заключение

Отходы животноводства (КРС) загрязняют окружающую среду, где в среднем за сутки от 2,0 тыс. телят на откорме получается 136 м³ стоков. Физико-механический состав стоков удовлетворяет процессу утилизации дождеванием в составе действующих оросительных систем (табл. 2). Утилизация стоков дождеванием позволяет автоматизировать полив и экономить минеральные удобрения, повысить степень охраны окружающей среды от загрязнений отходами КРС и повысить урожайность сельскохозяйственных культур.

Переработка отходов производится сепарацией, основными показателями переработки следует считать плотность подготов-

ленного навоза и влажность при процессе гомогенизации. Стоки после переработки являются ценнейшим органическим удобрением, которое можно утилизировать дождеванием.

При проектировании ОС с использованием стоков следует применять полиэтиленовые трубы и круговые дождевальные машины, которые исключают ручной труд.

При внедрении оросительной системы с использованием животноводческих стоков на площади 254,3 га получен урожай кукурузы на зерно 138 ц/га, что на 20% выше по сравнению с орошением водой из природного источника, урожайность при котором составляет 115 ц/га для условий Гулькевичского района Краснодарского края.

Список литературы / References

1. Киселева М.Г., Смирнова Р.Р. Современные биологические способы утилизации отходов животноводства // Российский журнал проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2011. № 2 (6). С. 72–74.
2. Kiseleva M.G., Smirnova R.R. The available biological methods on utilization of animal husbandry wastage // Russian title: Problemy Veterinarnoi Sanitarii, Gигиены i Экологии. 2011. № 2 (6). P. 72–74 (in Russian).
3. Романенко Н.А., Падченко И.К., Чебышев Н.В. Санитарная паразитология. М.: Медицина, 2000. 320 с.
4. Romanenko N.A., Padchenko I.K., Chebyshev N.V. Sanitary parasitology. M.: Medicine, 2000. 320 p. (in Russian).
5. Воробьева Р.П. Экологически безопасное использование сточных вод и животноводческих стоков при возделывании сельскохозяйственных культур: дис...докт. с.-х. наук. Барнаул, 1997. 36 с.
6. Vorobiova R.P. Environmentally safe use of wastewater and livestock waste in the cultivation of crops: dis ... dr. agric. sciences. Barnaul, 1997. 36 p (in Russian).
7. Хаджиди А.Е., Кузнецова М.Е. Проблема утилизации очищенных сточных вод перерабатывающих сельскохозяйственных предприятий на земельных полях орошения // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2012. Вып. 5 (38). С. 156–163.

- Khadzhidi A.E., Kuznetsova M.E. The problem of disposal of treated wastewater processing agricultural enterprises in the agricultural irrigation fields // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2012. Vol. 5 (38). P. 156–163 (in Russian).
5. Кузнецова М.Е., Хаджиди А.Е., Кузнецов Е.В., Полторак Я.А. Комплексная утилизация жидкой фракции навоза крупного рогатого скота дождеванием // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 4 (32). С. 77–88. DOI: 10.31774/2222-1816-2018-4-77-88.
- Kuznetsova M.E., Khadzidi A.E., Kuznetsov E.V., Poltorak Ya.A. Integrated Utilization of Liquid Cattle Manure with Drip Irrigation // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2018. № 4 (32). P. 77–88. DOI: 10.31774/2222-1816-2018-4-77-88 (in Russian).
6. Сафронова Т.И., Хаджиди А.Е., Холод Е.В. Обновление метода управления агроресурсным потенциалом агроландшафтов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–1. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=21067> (дата обращения: 2.03.2019).
- Safronova T.I., Khadzidi A.E., Kholod E.V. Justification of the management method of agroresource potential of agrolandscapes // Modern problems of science and education. 2015. № 2–1. [Electronic resource]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=21067> (date of access: 2.03.2019) (in Russian).
7. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. М.:Стандартинформ, 2002. 5 с.
8. Стовманенко А.Ю., Анушенков А.Н. Перспективы применения трубопроводов из полимерных материалов при транспортировании литых закладочных смесей // Известия Уральского государственного горного университета. 2016. Вып. 4 (44). С. 68–71. DOI: 10.21440/2307-2091-2016-4-68-71.
- Stovmanenko A.Yu., Anushenkov A.N. Perspectives of using pipelines from polymer materials during transportation of cast packing filled mixtures // News of the Ural State Mining University. 2016. Issue 4 (44). P. 68–71 (in Russian).
9. Абезин В.Г., Семенов С.Я., Скрипкин Д.В., Беспалов А.Г. Совершенствование конструкции дождевальной машины кругового действия // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 2 (38). С. 208–212.
- Abesin V.G., Semenenko S.Ya., Skripkin D.V., Bepalov A.G. Improving the design of a circular irrigation machine // Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouni complex of the complex: science and higher professional education. 2015. № 2 (38). P. 208–212 (in Russian).
10. Irshad M., Eneji A.E., Hussain Z., Ashraf M. 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. DOI: 10.4067/S0718-95162013005000011.
11. Шепталов В.Б. Подготовка сточных вод и режим орошения сельскохозяйственных культур в условиях лесостепной зоны Челябинской области: дис. ... канд. с.-х. наук. Барнаул, 2011. 120 с.
- Sheptalov V.B. Sewage treatment and irrigation of crops in the forest steppe zone of the Chelyabinsk region: dis. ... cand. agric. nauk. Barnaul, 2011. 120 p (in Russian).