

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ

П.Ф. Тиво, доктор сельскохозяйственных наук

А.С. Анженков, кандидат технических наук

Л.А. Саскевич, старший научный сотрудник

Е.А. Бут, младший научный сотрудник

РУП "Институт мелиорации"

г. Минск, Беларусь

Аннотация

Установлено преимущество удобрительного полива стоками с помощью дождевальных машин по сравнению с использованием для этих целей цистерн-разбрасывателей. Показана перспективность анаэробной обработки бесподстильного навоза в метантенках, что дает возможность получить биогаз, а также повысить качество органических удобрений и улучшить условия труда при их использовании. Для доочистки возвратных вод ЗПО целесообразно создавать биоинженерные сооружения.

Ключевые слова: полив стоками, прибавка урожая, анаэробная обработка, биогазовая установка, биоинженерные сооружения, дождевальная насадка

Abstract

P.Ph. Tivo, A.S. Anzhenkov, L.A. Saskevich, E.A. But

ANALYSIS OF MODERN TECHNOLOGIES TO USE LIVESTOCK WASTE

Livestock run-off was found as a good variant to fertilize soil by sprinklers compared with tank-spreaders. Anaerobic treatment of manure in methane tanks gives the possibility to obtain biogas and to increase the quality of organic fertilizers and enhance working condition during treatment. Bioengineering constructions can clean return water from fields.

Keywords: run-off sprinkling, yield growth, anaerobic treatment, biogas equipment, bioengineering constructions, sprinkling nozzle

В Республике Беларусь имеется около 200 комплексов по выращиванию и откорму свиней и крупного рогатого скота, на которых ежегодно накапливается около 8 млн. т жидкого навоза (не считая полужидкого) и стоков влажностью свыше 97 %, примерно 17 млн.м³. Общий объем бесподстильного навоза еще выше, так как он производится и на крупных молочных фермах. Наличие такого количества подобных предприятий способствовало увеличению производства и экспорта животноводческой продукции, но вместе с тем несколько повлияло на экологическую обстановку в зонах их размещения. Это обусловлено, прежде всего, недостаточной обоснованностью размеров комплексов, серьезными нарушениями, связанными с эксплуатацией систем навозоудаления, отсутствием контроля над состоянием окружающей среды, бессистемным внесением жидкой фракции навоза в почву. При этом на большинстве действующих комплексов, особенно свиноводческих, функционируют гидравлические системы навозоудаления, при которых объемы бесподстильного навоза возрастают в несколько раз за счет чрезмерного

разбавления экскрементов водой, что значительно увеличивает нагрузку на очистные сооружения и сельскохозяйственные угодья, затрудняет обработку, обеззараживание и использование животноводческих стоков в качестве удобрений.

Только в Гродненской области не увлеклись строительством огромных свинокомплексов, а ограничили их мощность до 24–27 тыс. голов ежегодного откорма.

В зависимости от количества воды различают полужидкий, жидкий бесподстильный навоз и навозные стоки. Бесподстильный навоз, содержащий более 8 % сухого вещества, называется полужидким, 3–8 % – жидким. Смесь экскрементов, значительно разбавленная водой (количество сухого вещества менее 3 %), составляет навозные стоки.

Объем стоков зависит от способа содержания скота, его поголовья, вида и возраста животных, продолжительности стойлового периода, принятой системы удаления навоза, вида кормов и других факторов. Фактический выход стоков на действующих животноводческих комплексах зависит не только от

уровня эксплуатации систем навозоудаления, но и от технического состояния автопоилок и других водопроводных узлов. Причем надо иметь в виду, что добавление к бесподстилочному навозу воды приводит к существенным технологическим и экономическим затруднениям, так как значительно возрастает потребность в хранилищах и увеличиваются затраты на его утилизацию. Повышение влажности бесподстилочного навоза вызывает значительное увеличение его выхода (таблица 1).

В итоге, например, свинокомплекс на 54 тыс. голов производит из-за гидросмыва свыше 330 тыс. м³ стоков в год, в то время как ежегодный выход экскрементов животных там составляет 114 тыс. м³.

В настоящее время в республике утилизация навозных стоков проводится по трем технологическим схемам: 1) разделение отходов животноводческих комплексов на фракции с использованием осветленных стоков на сельскохозяйственных полях орошения (ЗПО); 2) вывозка и внесение жидких органических удобрений на сельскохозяйственные угодья мобильным транспортом; 3) совместное использование двух этих способов.

Из-за высокой энергоемкости в условиях нашей республики очистка стоков с помощью азротенков не получила распространения. Но появляются сообщения о повышении эффективности такой технологии в результате внедрения метода нитриденитрификации соединений азота. Более выгодным оказалось анаэробное сбраживание в метантанках, хотя строительство биогазовых установок не всегда целесообразно из-за высокой влажности стоков. Для этой цели подойдет лишь осадок из вертикальных отстойников, который на крупных свинокомплексах обычно составляет лишь 12–15 % (или по самым оптимистическим прогнозам – 25–30 %) от общего объема навозных стоков. Так что пока нет оснований утверждать, что анаэробная обработка жидкого навоза решает все проблемы. А начинать ее надо с перевода навозоудаления на менее водоемкие технологии, тем более оптимальные параметры для сбраживания таковы [1, 2]: влажность – 90–95 % (не 97–98 %, как на крупных свинокомплексах), золь-

ность – 15–16 %, рН – 6,9–8,0, содержание жирных кислот – 600–1500 мг/л, отношение углерода к азоту (С:N) – 10-16:1. Для обеспечения оптимального соотношения С:N и увеличения количества биогаза допускается добавлять в сбраживаемую массу другие органические отходы. Среди названных факторов особенно важно соблюдать соотношение углерода и азота. Для наиболее распространенных субстратов оно составляет: навоз КРС – 15-25:1, свиной навоз – 5-9:1, куриный помет 7-11:1, силос кукурузный – 30-50:1, солома – 60-120:1.

Соотношение С:N оказывает значительное влияние на выход биогаза. Если это соотношение выходит за оптимальные пределы, то метанообразование замедляется из-за избытка аммония, или наоборот, при значении С:N более 30 имеет место недостаток азота, что также неблагоприятно для данного процесса. Кроме того, сбраживаемая масса не должна содержать веществ, подавляющих жизнедеятельность метанообразующих микроорганизмов, к которым относятся тяжелые и щелочные металлы, антибиотики, дезинфицирующие средства и др.

Чтобы улучшить ситуацию в отношении повышения содержания сухого вещества, например, в РУСП СГЦ «Западный» Брестского района в сбраживаемую массу кроме свиного навоза добавляют отходы производства рыбы компании «Санта-Бремор» и отходы зернопереработки и бойны.

В РУП «Племптицезавод «Белорусский» биогазовый комплекс работает на смеси куриного помета и навоза КРС. Функционируют два биореактора электрической мощностью 340 кВт. Самая же крупная в Беларуси биогазовая установка создана в СПК «Рассвет» им. К.П. Орловского. Нужно иметь в виду, что такие установки требуют квалифицированного обслуживания. Об этом, в частности, свидетельствует сама технологическая схема получения биогаза (рисунок 1). К тому же объем утилизации бесподстилочного навоза в земледелии при этом уменьшается незначительно. Кроме того, и затраты здесь немалые. Так, биогазовая установка мощностью 1 МВт (даже без общестроительной части) обходится в 800 тыс. евро [3]. Примерно такие цифры называются и

Таблица 1. – Зависимость объема бесподстилочного навоза от влажности

Влажность навоза, %	90	92	94	95	96	97	98	99
Объем навоза, %	100	125	167	200	250	333	500	1000

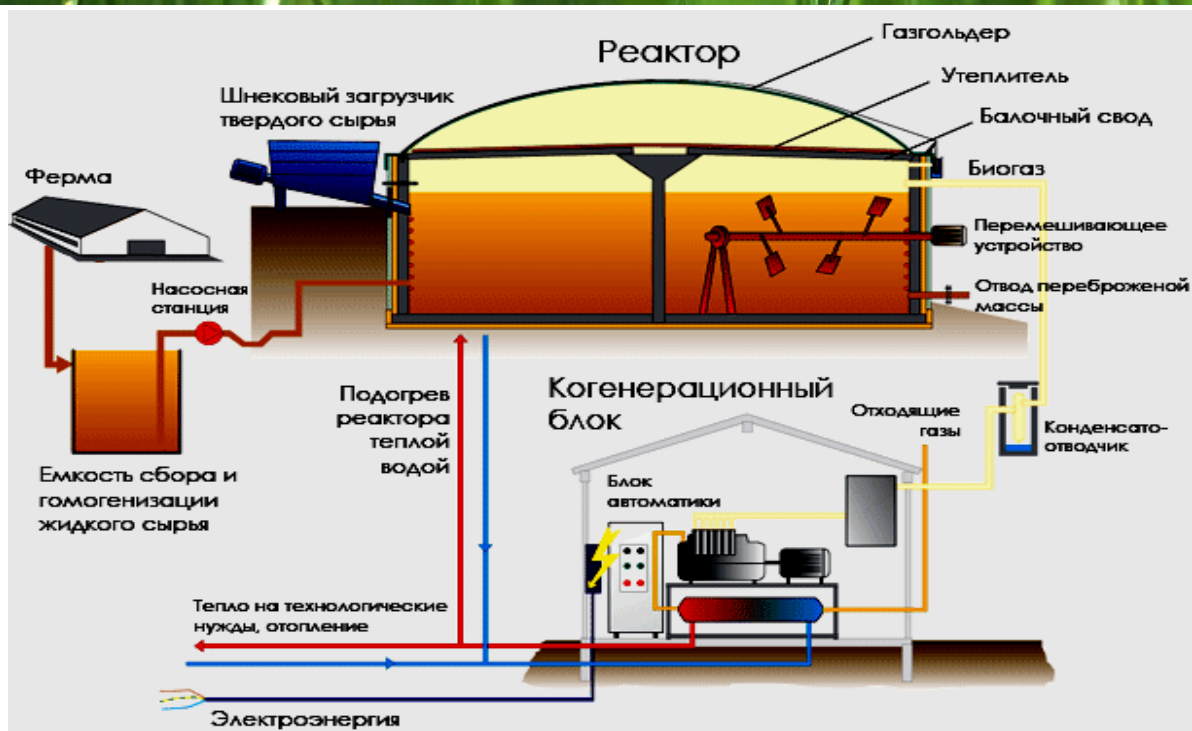


Рисунок 1. – Технологическая схема получения биогаза [2]

другими авторами [4]. Но при умелом использовании этих установок обеспечивается рентабельность производства биогаза [5].

Не лишним будет напомнить и о том, что после анаэробной обработки удобрительная ценность жидкого навоза не увеличивается [6-7], хотя это утверждение некоторыми исследователями оспаривается [2, 8]. По обобщенным данным С.И. Тарасова [9], эффлюент (анаэробно обработанные в метантенках органические отходы) обеспечил прибавку урожайности 11 % относительно нативного навоза только на чернозёме. На других типах почв они были равноценными. С одной стороны, эффлюент имеет более высокий рН, чем обычный навоз, что не исключает потери аммиака [10], особенно при отсутствии крытых хранилищ. Однако, с другой стороны, улучшается качество органических удобрений: они освобождаются от зловонного запаха, жизнеспособных гельминтов и всхожих семян сорных растений. Верми- и биокомпосты обеспечивают более скромные результаты, чем приводится в проектах некоторых производителей [11]. Вермикомпостирование, по мнению академика В.И. Черноиванова, подходит лишь для небольших фермерских хозяйств. Организовать же крупномасштабное производство вермикомпостов нереально [12], хотя они охотно покупаются владельцами садовых участков. В то же время при возделывании полевых культур (картофель, зер-

новые) и внесении эквивалентных по азоту доз навоза и биогумуса не выявлено преимущество последнего [13].

Бессистемное применение жидких органических удобрений в высоких дозах ведет к повсеместному загрязнению кормов, почв и грунтовых вод нитратами, хлоридами и другими соединениями, особенно на угодьях с расчлененным рельефом. Более того, дренажный сток, как правило, характеризуется наличием условно патогенной микрофлоры. Ухудшается и качество подземных вод (рисунок 2) [14]. Превышение поливных норм стоков обусловлено, прежде всего, недостатком площадей утилизации, что объясняется отсутствием средств для создания ЗПО в полном объеме и слабой научной проработкой проблемы. Действовавшие общесоюзные нормативы не учитывали региональную специфику Беларуси, а именно: обилие атмосферных осадков в отдельные годы и периоды, близкое расположение грунтовых вод к поверхности почвы, слабую их естественную защиту из-за сильно фильтрующих грунтов.

Между тем для утилизации только жидкой фракции стоков, например, свиного комплекса на 54 тыс. голов, требуется, по меньшей мере, 1000-1200 га сельскохозяйственных полей орошения. Фактически же их строилось в 1,5-2 раза меньше. Ситуация осложнялась и тем, что на ЗПО вместо многолетних трав иногда возделывались зерновые, которые меньше всего

ВИДЫ ВЛИЯНИЯ	СТЕПЕНЬ ВЛИЯНИЯ												
	Удобрения из хоз. бытовых и промышленных отходов				Бесподстилочный навоз, помет			Твердые органические удобрения		Зеленые удобрения, растительные остатки, торф			
	Стоки коммунальные	Стоки промышленных предприятий	Осадки сточных вод	Твердые бытовые отходы	Стоки навозные пометные	Жидкий навоз, помет	Полужидкий навоз, помет	Жижга навозная	Подстилочный навоз, помет	Твердая фракция бесподстилочного навоза	Компосты	Солома	Сидераты
Загрязнение почвы													
Загрязнение воды													
Загрязнение воздуха													
Деградация органического вещества почвы													
Ухудшение фитосанитарного состояния посевов													
Увеличение засоренности полей													
Снижение качества с.-х. продукции													
Увеличение уровня заболеваемости населения, животных													

Влияние отсутствует
 Влияние незначительное
 Влияние значительное
 Влияние сильное

Рисунок 2. – Экологическая оценка влияния различных видов органических удобрений на состояние окружающей среды

нуждались в орошении. Это в свою очередь приводило к переудобренности оставшейся площади ЗПО со всеми вытекающими отрицательными последствиями для природной среды.

С целью улучшения ситуации необходимо экологически безопасное применение таких удобрений. Суть этого заключается в том, что для орошения и внесения мобильным транспортом пригодны лишь навозные стоки и жидкий навоз, обеззараженные согласно ветеринарно-санитарным требованиям [15, 16]. В процессе механического разделения

гельминты попадают как в твердую, так и в жидкую фракции. Для обеззараживания последних предложены различные способы (искусственные биологические, химические, физические и т.д.). Из физических методов наиболее известна тепловая обработка с помощью пароструйных установок, хотя на практике дегельминтизация стоков осуществляется пока главным образом путем длительного их отстаивания.

Концентрация питательных веществ, особенно азота, в стоках должна соответствовать требованиям сельскохозяйственных культур. В противном случае

в процессе полива не исключаются ожоги растений и снижение урожая. Для многолетних злаковых трав, второго и последующих годов, концентрация общего азота, как правило, не должна превышать 2,5 г/л, хотя в сухую погоду желательнее меньшее содержание. Применительно к другим культурам следует придерживаться следующих величин: для люцерны, клевера – 1,6 г/л; зернофуражных культур – 2,6 г/л; сорго-суданского гибрида – 3,1 г/л; кукурузы – 1,7 г/л. Жидкий навоз с более высокой концентрацией общего азота перед поливом разбавляют водой [1].

Жидкие органические удобрения необходимо строго дозировать в зависимости от планируемого урожая, типа почв, способа полива и вида травостоя. Под бобовые травы их обычно не вносят. И только на низкоплодородной песчаной почве продуктивность люцерны от жидкого навоза удваивалась [17]. На мелкозалежных торфяниках доза внесения на многолетние злаковые травы, как правило, ограничивается 120–160 кг/га в расчете на азот (таблица 2).

На дерново-подзолистых почвах при дождевании стоками ее можно увеличить до 220–250 кг/га с внесением дробно под каждый укос. Если полив осуществляется цистернами-разбрасывателями, то доза стоков не должна превышать 180–220, или в среднем 200 кг/га. При наличии в травостое 30–40 % клевера, ее уменьшают до 120 кг/га. Такая нагрузка стоков обеспечивает приемлемое качество зеленой массы, используемой для заготовки силоса, сенажа или травяной муки [18]. Что касается применения навозных стоков на пастбищах, то этот вопрос требует тщательного изучения. В наших совместных опытах с Институтом животноводства [19] установлено некоторое ухудшение переваримости пастбищного корма на фоне жидкого навоза по сравнению с минеральными удобрениями (таблица 3), поэтому первое стравливание не проводилось, а трава скашивалась на силос. Кстати, польские ученые вообще выступают против подкормки пастбищ стоками [20].

Таблица 2. – Нормативы прибавки урожайности злаковых травостоев от навозных стоков, ц/га сухой массы

Доза стоков в расчете на азот, кг/га*	П О Ч В А	
	торфяно-глеевая	дерново-подзолистая супесчаная
Дождевание стоками		
120-160	25	24
180-220	38	35
250-300	45	43
Внесение стоков мобильным транспортом		
180-220	35	27
250-300	37	29

* Вносятся дробно под каждый укос

Таблица 3.– Коэффициенты переваримости питательных веществ травяных кормов

ВАРИАНТ	СЫРОЙ ПРОТЕИН	СЫРОЙ ЖИР	СЫРАЯ КЛЕТЧАТКА	БЭВ	СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО
Коэффициент переваримости питательных веществ, %						
N_{ст.90} в 1 прием	63,55±2,93	51,38±2,15	60,12±3,50	66,14±2,23	57,06±3,61	58,35±2,39
N_{ст.90}(30+30+30)	63,59±4,06	52,11±4,14	61,09±2,81	67,11±3,24	57,15±4,08	59,61±2,37
N_{ст.180}(60+60+60)	62,11±2,74	53,03±2,61	59,91±3,25	66,99±2,17	53,14±3,90	59,49±2,32
N_{ст.180} в 1 прием	61,90±3,51	52,84±3,12	60,10±2,69	66,16±4,01	52,95±3,11	58,75±3,02
N_{м90}(30+30+30)	65,12±3,11	54,12±3,61	62,14±3,94	68,56±2,50	58,57±3,15	60,79±2,80
N_{м180}(60+60+60)	64,28±2,15	54,06±3,13	62,10±2,18	68,10±3,19	58,21±3,27	60,24±3,80

Влияние бесподстильного навоза на почву и растения

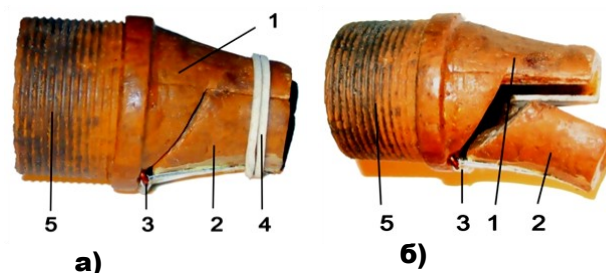
При вневегетационном поливе (поздней осенью) из расчета 120 кг/га азота прибавка сухой массы многолетних трав по сравнению с контролем (без удобрений) составила в среднем за 5 лет 17,8 ц/га. Внесение же такой дозы стоков весной увеличило урожай на 25,1 ц/га. При соблюдении рекомендуемых норм жидких органических удобрений почва в конце вегетации трав самоочищается от гельминтов, чего нельзя сказать о переудобренных площадях. Кроме того, в последнем случае коли-титр бактерий группы кишечных палочек составил 0,01 против 1,05 на 1 г почвы в контрольном участке, что свидетельствует о недопустимости избыточных нагрузок стоков в луговодстве.

Нами отмечено и влияние способов их внесения. Дождевание дозой азота стоков 300 кг/га на торфяно-глеевой почве обеспечивало сбор сухой массы многолетних трав 97 ц/га, а вывозка такого же количества удобрений мобильным транспортом – лишь 86 ц. Аналогичная закономерность наблюдалась и при внесении 160 и 220 кг/га стоков в расчете на азот. Изменялся и ботанический состав травостоя. На фоне стоков стала преобладать ежа сборная. Тимофеевка и овсяница луговая оказались менее конкурентоспособными. Еще сильнее проявилось отрицательное влияние внесения стоков мобильным транспортом на суглинистых почвах. Здесь на фоне эквивалентного количества азота, фосфора и калия за счет минеральных удобрений ($N_{300}P_{130}K_{200}$) получена урожайность ежи сборной 88 ц/га сухой массы, против 64 ц при внесении такого же количества питательных веществ с животноводческими стоками. Причина этого – ухудшение физических свойств почв (переуплотнение) и повреждение дернины трав колесами цистерн-разбрасывателей. При орошении же стоками этого практически не наблюдалось.

Анализируя самые распространенные в республике способы внесения животноводческих стоков – дождевание и мобильным транспортом, следует отметить их основные достоинства и недостатки.

Применение дождевания обеспечивает высокую производительность (91,2 л/с машиной ДКН-80); полив участков со сложным микрорельефом с относительно высокой равномерностью внесения стоков – порядка 0,65, а при использовании совре-

менных разработок, таких как динамические сопла (патент 3748, рисунок 3), – до 0,77; позволяет вести полив малыми нормами с небольшой глубиной размачивания почвы.



1 – корпус; 2 – подвижная пластина; 3 – шарнир;
4 – упругий элемент; 5 – резьбовая часть

Рисунок 3. – Дождевальная насадка с динамическим сечением сопла

Главным недостатком дождевания являются значительные единовременные затраты на оросительную сеть и насосную станцию. Кроме того, предъявляются повышенные требования к подготовке стоков (размер частиц – 10 мм и менее, рН = 6..8, влажность – более 98 %), которые дополнительно повышают стоимость оросительной системы.

Основным достоинством внесения стоков на поле мобильным транспортом является относительно небольшие капитальные вложения и затраты времени при обустройстве системы. Возможна оперативная смена специализации земледельческих полей орошения или их участков.

Недостатками применения мобильного транспорта являются высокие эксплуатационные затраты на внесение стоков (более 2 руб/м³), а также высокая неравномерность их распределения – 0,5 и менее. Кроме того, для утилизации стоков в условиях недостаточных площадей, необходим многократный проход агрегата по полю, при этом повреждаются растения и дернина, уплотняется почва.

Последствие жидкого навоза [21, 22] обеспечивает повышение урожая трав и других культур. Поскольку азот в таких удобрениях находится преимущественно в аммиачной форме, внесение их приводит к повышению содержания NH_4 в пахотном слое. Нитрификация же его завершается в летний период примерно за три недели. Причем содержание NH_4^+ NO_3^- нередко увеличивалось и было большим, чем количество общего азота, поступающего со сто-

ками, что свидетельствует об усилении мобилизации почвенных запасов этого элемента.

Что касается подвижного фосфора и обменного калия, то их содержание в минеральных почвах (в слое 0-20 см) значительно увеличивалось, особенно при многолетнем внесении повышенных доз жидких органических удобрений.

Не всё пока ясно в отношении гумуса. Тем более, что жидкий навоз, прежде всего, свиные стоки характеризуются узким соотношением углерода к азоту. Это в свою очередь усиливает разложение органического вещества, поступившего в почву. Тем не менее, на фоне повышенных доз названных удобрений происходит увеличение содержания гумуса в пахотном слое суглинистых почв [23]. Это, по нашему мнению, обусловлено не только внесённым органическим веществом, но и положительным влиянием жидких органических удобрений на накопление массы пожнивных и корневых остатков возделываемых культур.

В отдельных случаях имеет место некоторое повышение содержания натрия в почве, так как ежегодно его поступало со стоками свыше 100 кг/га. Это отчасти обусловлено применением для гидросмыва экскрементов животных отработанных вод котельных, отличающихся повышенной концентрацией натрия. Желательно на комплексах предусматривать локальную очистку таких вод, не допуская их смешивания с бесподстильным навозом. Положение усугубляется еще и тем, что с животноводческими стоками на поля мало поступает кальция и магния. Ежегодный положительный баланс CaO + MgO (за вычетом выноса урожаем и потерь за счет вымывания) не превышал 70 кг/га. В итоге величина рН пахотного слоя оставалась практически без изменений и была ниже оптимального уровня. В этой связи известкование кислых почв должно предшествовать применению в луговодстве стоков животноводческих комплексов. Отразилось внесение стоков и на содержании микроэлементов, прежде всего на осушенной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, где содержание дефицитных меди и цинка определялось нормами жидких органических удобрений. Применительно же к торфяно-глеевой почве можно говорить лишь о тенденции повышения этих микроэлементов в пахотном слое, хотя она орошалась в течение 9 лет. Последнее – следствие закрепления меди орга-

ническим веществом. Причем почти половина от внесённого количества цинка со стоками терялась в результате вымывания [18].

Что касается такого тяжелого металла, как кадмий, то по одним сведениям [24] содержание его в многолетних травах не увеличивается на фоне бесподстильного навоза, по другим, наоборот, несколько повышается [22], оставаясь ниже ПДК.

Применение стоков способствует повышению содержания азота и фосфора в растениях. Поглощение кальция, наоборот, несколько сдерживалось калием, который в избыточных количествах накапливался травами. Кроме того, нередко растения содержали мало магния при неблагоприятном соотношении K: (Ca + Mg). В силу антагонизма между одновалентными катионами резко снижалась также концентрация натрия в многолетних травах. Его количество не выходило за пределы 0,03-0,10 % на сухое вещество и было существенно меньше зоотехнических норм. Ежегодное применение на одних и тех же площадях 300 кг/га и более азота стоков (обычное явление на практике) обуславливает занитрачивание травяных кормов и загрязнение грунтовых вод азотсодержащими и другими компонентами жидких органических удобрений, особенно при наличии на полях микрорельефа, где иногда вымывается даже фосфор. Так, на контрольном варианте грунтовые воды торфяно-глеевой почвы содержали 0,25, а при орошении стоками – 0,64 мг/л PO_4^{3-} . В этих условиях усиливается пестрота в содержании и других элементов. Коэффициент варьирования концентрации кальция и нитратов возрос на таких участках в 5 раз по сравнению с ровной поверхностью. Не меньше вреда приносит поверхностный сток. Для сокращения потерь элементов питания растений следует выравнивать поверхность орошаемых угодий и соблюдать научно обоснованный режим орошения, исключающий превышение поливных норм [18].

Количество подаваемых вод на ЗПО, включая стоки и осадки, не должно превышать водоудерживающую способность корнеобитаемого слоя. На песчаных почвах из-за сильной фильтрации нецелесообразно создавать земледельческие поля орошения. По нашим наблюдениям, вымывание азота и органического вещества составляло соответственно 9 и 13 % от внесённого количества. При этом из корнеобитаемого слоя почвы терялись не только нитра-

ты, но и частично аммоний. Наблюдалась и миграция фосфора [18].

Установлено, что для утилизации стоков лучше подходят супесчаные почвы, особенно подстилаемые суглинком с глубоким уровнем грунтовых вод. Так, при внесении жидких органических удобрений из расчета 240 кг/га азота грунтовые воды на глубине 3,0-3,5 м содержали около 10 мг NO₃, что в пять раз меньше, чем на торфяно-глеевой почве при УГВ 1,2 м. Причем питательные вещества вымывались в большей степени под пропашными и зерновыми культурами и в меньшей – под многолетними травами. Поэтому последние преимущественно и возделываются на угодьях, орошаемых стоками. Наряду с травами, очень эффективно использует питательные вещества бесподстилочного навоза другие кормовые культуры, особенно кукуруза [25]. Однако избыточные дозы не окупаются прибавкой урожая [26]. Очень хорошо отзываются на такое удобрение растения семейства капустных, особенно рапс на зеленую массу и редька масличная.

Мелиоративная система на ЗПО должна быть водооборотной, что предотвратит распространение загрязнений за пределы орошаемого массива. При недостатке пригодных площадей для утилизации навозных стоков часть их можно использовать в рыбоводно-биологических прудах. В свое время такая технология действовала в Беларуси (СГЦ «Западный» Брестского района). В технологическую цепочку там входил пруд-накопитель осветленных стоков, который занимал на местности «господствующую» высоту. Оттуда стоки свинок-комплекс в теплый период года поступали самотеком в водорослевые, а затем в рачковые и рыбоводные

пруды. О степени их очистки можно судить по биохимическому потреблению кислорода (БПК₅). В осветленных стоках его величина составляет 1000 мг O₂/л, а в рыбоводных прудах – в 200-250 раз меньше. Кроме того, эта технология дешевле, чем использование азотенков. Такой способ утилизации отходов животных испытывается в 4-х хозяйствах Российской Федерации с потенциальным объемом очистки бесподстилочного навоза 500 тыс. т [27].

В связи с тем, что при поливе стоками происходит кольматация поверхностного слоя почвы и снижение ее впитывающей способности, необходимо проводить специальные агромелиоративные мероприятия (кротование, щелевание почв). Кроме того, в процессе перезалужения целесообразно и рыхление подпахотного слоя. Эти мероприятия значительно уменьшают поверхностный сток на ЗПО [28].

Есть проблема и с улетучиванием аммиака в процессе поверхностного внесения стоков. В этой связи в ряде стран Запада широкое распространение получило внутрпочвенное внесение жидких органических удобрений. Для внедрения такой технологии в НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства создана машина МПВУ-16.

Поскольку в зоне действия животноводческого комплексов возвратные воды с ЗПО загрязнены (таблица 4), необходимо их дополнительно очищать с помощью биоинженерных сооружений (БИС) рисунок 4 [18].

Они представляют собой каскад сооружений, состоящих из пруда-отстойника, пруда первой ступени очистки, прудов второй ступени очистки и биоканала. Проявляют интерес к таким сооружениям и за рубежом [29].

Таблица 4. – Концентрация ионов в осветленных стоках и возвратных водах ЗПО УП «Северный» в среднем за 9 лет, мг/л

НАИМЕНОВАНИЕ	pH	K ⁺	Na ⁺	Ca ₂ ⁺	Mg ₂ ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	C _{орг.}
РОС*	7,6	237	133	110	44,8	509	12,9	2052	210	29	207	521
Донный водовпуск**	7,6	208	102	83	32	378	8,6	1952	182	17,1	91,8	167
Паводковый водосброс**	7,9	31,3	29	76,2	20,6	20,7	11,8	54,3	54,3	18,7	11,4	28,9

* Резервуар осветленных стоков

** Пруд-накопитель возвратных вод

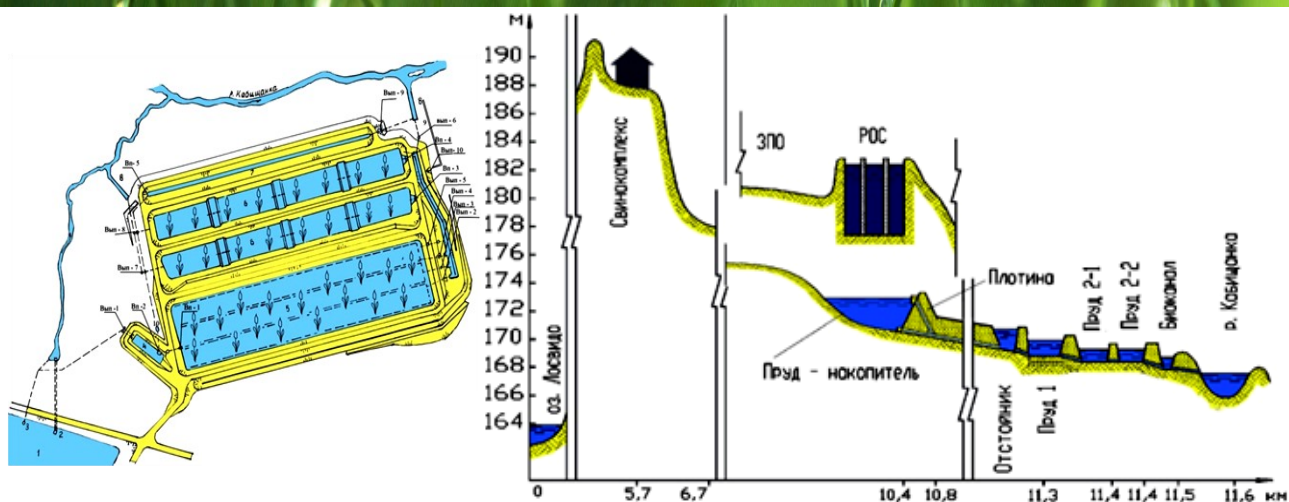


Рисунок 4. – Схема биоинженерных сооружений (БИС)

Заключение

Доочистка возвратных вод ЗПО с помощью биоинженерных сооружений – выгодное природоохранное мероприятие. Их использование обходится гораздо дешевле, чем искусственная биологическая очистка. Экономятся также затраты электроэнергии на перекачку очищаемых вод, поскольку БИС функционируют в самотечном режиме. Поэтому их необходимо создавать с учетом рельефа местности.

Главными достоинствами дождевания стоками являются высокая производительность способа

и равномерность внесения, недостаток – большие начальные капиталовложения. Достоинство вывоза мобильным транспортом – относительно невысокие начальные капиталовложения, недостатки – высокая удельная стоимость вывоза и низкая производительность.

Жидкий навоз имеет определенную удобрительную ценность. Однако ее можно реализовать лишь при строгом выполнении научно обоснованных рекомендаций как в отношении доз, так и способов его внесения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. РД-АПК 1.10.15.02-08 Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. – М.: Минсельхоз РФ. – 93 с.
2. Клочков, А.В. Европейский опыт производства и использования биогаза / А.В. Клочков, Д.В. Кацер // Наше сельское хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 71-76.
3. Чайкина, Е. Биогаз: трансфер технологий / Е. Чайкина // Справочник эколога. – 2013. – № 1. – С. 90-96.
4. Капцов, И.И. Экологические проблемы в энергетике: перспективы получения биогаза в Украине как экологически чистого вида топлива / И.И. Капцов, И.Г. Жиганов // Коммунальное хозяйство городов: науч. технический сб. / Харьковский национ. университет им. А.Н. Бекетова. – Харьков, 2003. – № 49. – С. 56-60.
5. Дадеркина, Д.И. Биогазовые технологии для АПК Беларуси: перспектива есть / Д.И. Дадеркина, О.А. Шевченко // Наше сельское хозяйство. – 2015. – № 21. – С. 55-59.
6. Визла, Р.Р. Эффективность действия сброженного навоза / Р.Р. Визла // Удобрение полевых культур в системе интенсивного земледелия / ЛатНИИ земледелия. – Рига, 1990. – С. 43-59.
7. Лапа, В.В. Эффективность внесения органических удобрений, получаемых на выходе действующих биогазовых установок, при возделывании кукурузы на дерново-подзолистых почвах / В.В. Лапа, Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – № 3. – С. 24-27.
8. Дубровский, В.С. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов / В.С. Дубровский, У.Е. Виестур. – Рига: Зинатне, 1988. – 204 с.
9. Тарасов, С.И. Метангенерация отходов животноводства. Агрономическая эффективность использования эфлюента / С.И. Тарасов // Экология и сельскохозяйственные технологии: агроинженерные решения: материалы 7-й междунар. науч.-практ. конф., СПб, 17-19 мая 2011 г. – Санкт-Петербург, 2011. – Т.3. – С. 64-70.
10. Клуге, Р. Отходы – в удобрения! / Р. Клуге // Новое сельское хозяйство. – 2010. – № 2. – С. 81-83.

11. Эколого-агрохимические свойства и эффективность верми- и биокомпостов / В.Г. Сычев, Г.Е. Мерзлая, Г.В. Петрова [и др.]. – М.: ВНИИА, 2007. – 276 с.
12. Воробьев, Е. А навоз и ныне там / Е. Воробьев // Агропресс. – 2008. - № 9. – С. 58-61.
13. Муравин, Э.И. Агрохимия / Э.И. Муравин, В.И. Титова. – М.: КолосС, 2009. – 463 с.
14. Степук, Л.Я. Производство и применение органических удобрений: технологии, техника и экология / Л.Я. Степук, А.Е. Пешко. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2016. – 242 с.
15. Ветеринарно-санитарные правила подготовки к использованию в качестве органических удобрений навоза, помета и стоков при инфекционных и инвазионных болезнях животных и птицы. – М.: Минсельхозпрод РФ. – 1997. – 18 с.
16. Соколов, М.С. Санитарно-бактериологическая оценка почвы и органических удобрений / М.С. Соколов, Д.М. Соколов // Агрохимия. – 2014. – № 5. – С. 3-19.
17. Влияние жидкого навоза на продуктивность многолетних трав / М.П. Шкель и [др.] // Химия в сельском хозяйстве. – 1986. - № 11. – С. 29-32.
18. Состояние и концепция использования животноводческих стоков / П.Ф. Тиво [и др.] // Мелиорация переувлажненных земель: сб. науч. работ БелНИИМил, Том XLVIII. – Минск, 2001. – С. 257-269.
19. Тиво, П.Ф. Удобрение злаковых пастбищ жидким навозом / П.Ф. Тиво, А.П. Зиновенко, Л.А. Саскевич // Мелиорация переувлажненных земель. – 2006. – № 1 (55). – С. 156-161.
20. Эффективные системы производства кормов на пастбищах и сенокосах России и Польши: монография / Под науч. ред. В.Н. Косолапова (Россия) и Е. Барщевски (Польша) – М.: Угрешская типография, 2015. – 344 с.
21. Влияние последствия жидкого навоза на биологическое состояние и количество гумуса в дерново-подзолистой почве / С.В. Ляцяга [и др.] // Весці АН БССР. Серыя с.-г. навук. – 1989. – № 3. – С. 43-46.
22. Михеев, В.А. Ресурсосберегающая технология создания устойчивых агроценозов многолетних трав при использовании животноводческих стоков / В.А. Михеев: автореф. диссерт. на соискание учен. степ. доктора с.-х. наук по спец. 06.01.12; 06.01.02. – М., 2003. – 52 с.
23. Шуравилин, А.В. Влияние многолетнего внесения животноводческих стоков на плодородие дерново-подзолистых почв / А.В. Шуравилин, Д.А. Сухов, Е.А. Пивень // Агро XXI. – 2007. – № 4-6. – С. 53-55.
24. Тарасов, С.И. Эффективность длительного применения бесподстильного навоза в агроценозах с бессменным возделыванием костреца безостого / С.И. Тарасов, М.Е. Кравченко, Т.А. Бужина // Плодородие. – 2016. – № 6. – С. 50-53.
25. Ляцяга, С.В. Уплыў розных відаў гною, мінеральных угнаенняў і гербіцыдаў на ўраджайнасць і якасць зялёнай масы кукурузы / С.В. Ляцяга, Г.Р. Таразевіч // Весці акадэміі аграрных навук Беларусі. – 1994. – № 1. – С. 65-70.
26. Иовик, Л.Н. Агроэкономическая эффективность применения отходов биогазовой установки и грибного производства под сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистой супесчаной почве: автореф. дис.... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Л.Н. Иовик. – Минск, 2017. – 23 с.
27. Еськов, А.И. Научно-технологические решения эффективного, экологически безопасного использования бесподстильного навоза, помета / А.И. Еськов, С.И. Тарасов // Агроэкологические проблемы использования органических удобрений на основе отходов промышленного животноводства: Сб. докл. международ. науч.-практ. конф. – М.: Россельхозакадемия, ГНУ ВНИПТИОУ, 2006. – С. 17-33.
28. Желязко, В.И. Использование бесподстильного навоза на мелиорируемых агроландшафтах Нечерноземья: монография / В.И. Желязко, П.Ф. Тиво, Ю.А. Мажайский. – Рязань: Мещерский ф-л Всерос. НИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, 2006. – 304 с.
29. Wetland systems for water pollution control. – 1996 // Water Sci. and Technol. – 1997. – 35. – №5. – 347 p.

Поступила 10.09.2017