

Технология обеззараживания свиного навоза.

По данным Всемирной организации здравоохранения, навоз является фактором передачи более 100 возбудителей инфекционных болезней сельскохозяйственных животных, в том числе африканской чумы свиней.

Анализ распространения бактериальных, вирусных и инвазионных болезней свиней в хозяйствах Красноярского края позволил установить агенты, являющиеся потенциальными контаминантами свиного навоза: бактериальные – клостридии, спирохеты, патогенные штаммы кишечной палочки, лептоспиры, пастереллы, сальмонеллы, патогенные стрептококки (В, С, Д) и микоплазмы; вирусные – парвовирус, цирковироз свиней; инвазионные – балантидии и яйца власоглавы, стронгилят, аскарид и метастронгилюсов.

На каждом свиноводческом предприятии и ферме предусмотрены способы (физические, химические и биологические), а также и технические средства обеззараживания навоза на случай эпизоотии.

Подстилочный навоз обеззараживают биотермическим способом на площадках с твердым водонепроницаемым покрытием. Выдерживают его в штабелях в теплый период года 2 месяца, а в холодный – 3 месяца. Жидкий навоз обеззараживают до разделения на фракции химическими средствами или путем карантинирования – жидкий аммиак и формальдегид на 1 м³ навоза: аммиака – 30 кг в течение 3-5 сут; формальдегида – 3 кг в течение 3 сут. Жидкий навоз с неспорообразующими инфекционными агентами обеззараживают только в метатенках. Например, обеззараживание жидкого навоза в метатенках – в термофильном режиме сбраживания с использованием активных микробиологических культур в течение не менее 3 сут.

На крупных комплексах на 50–100 тыс. свиней предусмотрено обезвреживание стоков на стационарной пароструйной установке конструкции ВНИИВВиМ при температуре 120–130 °С, давлении 0,2 мПа и экспозиции 10 мин.

В старых проектах свиноводческих ферм и комплексов не предусмотрено обеззараживание навоза на случай эпизоотии.

В соответствии с ветеринарно-санитарными требованиями были разработаны типовые проекты навозохранилищ и очистных сооружений (т.п. 815-56.87; 815-62.87 и др.), в которых предусмотрены способ и технические средства обеззараживания навоза и стоков в случае эпизоотии на всех свиноводческих комплексах и фермах.

До настоящего времени проводятся фундаментальные исследования по поиску и разработке эффективных современных и экологически приемлемых способов обеззараживания навоза с целью получения безопасного в санитарном отношении продукта переработки в виде органического удобрения.

Цель исследования: изучить использование кавитационного способа для обеззараживания свиного навоза.

Материалы и методы исследования. Работа выполнена на базе Института прикладной биотехнологии и ветеринарной медицины и Научно-исследовательского испытательного центра Красноярского государственного аграрного университета, крестьянско-фермерского хозяйства «Шипиловой С.В.» Алтайского района Республики Хакасия и ОАО «Племзавод Шуваевский» Емельяновского района Красноярского края.

Материалом для исследования являлся свиной навоз с влажностью 92 %. Для обработки навоза кавитационным способом при проведении экспериментов использовали установку оригинальной конструкции.

Выбор данной установки был обусловлен рядом ее преимуществ по сравнению с другими видами кавитаторов: унифицированность, простота конструкций и небольшая материалоемкость; высокая производительность и скорость технологического процесса; качественная обработка материала; низкие удельные энергозатраты; экологическая безопасность.

Были изучены эксплуатационные показатели установки: время и температура обработки материала, – которые являются важными параметрами, влияющими на качественные и энергетические характеристики кавитационной установки.

Температуру измеряли с помощью спиртового термометра. Время измеряли секундомером. Переносными электроизмерительными клещами Ц91 измеряли величину тока и напряжение для определения потребляемой мощности.

Навозная масса исследовалась на биохимический состав для определения возможности ее использования в качестве органического удобрения после кавитационной обработки. На общую обсемененность микроорганизмами – по количественным и качественным показателям до, во время и после кавитационной обработки.

Исследования проводили в соответствии с ГОСТ 26712-94 «Удобрения органические. Общие требования к методам анализа».

Определяли количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАиМ, ОМЧ), оценивая численность группы санитарно-показательных микроорганизмов. Наличие бактерий, дрожжей, плесневых грибов определяли согласно МУК 4.2 2884-11 «Методы микробиологического контроля объектов окружающей среды и пищевых продуктов с использованием петрифильмов». Идентификацию микроорганизмов проводили по Берджи (1997).

Посев материала на искусственные питательные среды, биохимические свойства, факторы патогенности выделенных микроорганизмов проводили по общепринятым методикам.

Достоверность результатов подтверждали путем статистической обработки и определения различий средних значений с помощью критерия Стьюдента. Для обработки полученных данных использовали программу Statistika Microsoft Excel 2007.

Результаты исследования и их обсуждение. Проблема экологической и биологической безопасности сельскохозяйственного производства становится все более острой и является одной из важнейших в вопросе повышения устойчивого развития сельского хозяйства России. Игнорирование экологического и биологического подхода к утилизации навоза приводит к опасному загрязнению грунтовых и поверхностных вод, воздушного бассейна, почв, к заболеваемости животных и людей.

Созрела необходимость совершенствования существующих и создания новых технологий и комплексов машин для переработки навоза, отвечающих современным технологиям производства сельскохозяйственной продукции, с учетом различных типов товаропроизводителей и форм организации труда, а также отвечающих экологическим требованиям, которые предполагают обеспечение гарантии минимального загрязнения окружающей среды, получение экологически и биологически безопасных продуктов питания человека и кормов животных.

Все это обусловило наряду с традиционными методами обеззараживания появление нового научного направления – **кавитационное обеззараживание опасных отходов.**

Кавитация (от лат. cavitas – пустота, также холодное закипание жидкости) – явление образования в жидкости полостей, заполненных газом, паром или их смесью (так называемых кавитационных пузырьков, или каверн). Кавитационные пузырьки образуются в тех местах, где давление в жидкости становится ниже некоторого критического значения $r_{кр}$ (в реальной жидкости $r_{кр}$ приблизительно равно давлению насыщенного пара этой жидкости при данной температуре). Эти мельчайшие пузырьки характеризуются высокой температурой (до 1000 °С) и давлением находящегося в них газа. Они существуют ничтожно малый промежуток времени, а затем схлопываются. При схлопывании пузырьки выделяют тепловую и кинетическую энергию, воздействуя на погруженные в жидкость твердые компоненты, разрушая их.

Микроорганизмы, находящиеся в обрабатываемом жидком материале, служат центрами образования кавитационных пузырьков. При попадании жидкости в зону пониженного давления жидкость вскипает, а у бактерий, оказывающихся в центре или рядом с образовавшимися кавитационными пузырьками, под действием разности давлений внутри них и в окружающем пространстве происходит полное или частичное разрушение клеточной оболочки (механическое воздействие).

Вторая фаза жизни кавитационного пузырька – схлопывание (конденсация) происходит в зоне повышенного

давления, куда он перемещается вместе с обрабатываемой жидкостью. Процесс конденсации кавитационного пузырька происходит практически мгновенно. Частицы жидкости, окружающие пузырек, перемещаются к его центру с большой скоростью.

В результате кинетическая энергия содержащихся частиц вызывает в момент смыкания пузырьков местные гидравлические микроудары, сопровождающиеся местным повышением давления до 104 кг/см² и локальным повышением температуры до 1000–1500 °С. Тысячи «схлопывающихся» пузырьков в секунду способны оказывать значительное разрушающее или иное воздействие без высокотемпературного нагрева обрабатываемого жидкого материала.

Стенки кавитационного пузырька и капельки жидкости, находящиеся внутри него, заряжены разноименным электричеством. При сжатии пузырьков их размеры резко уменьшаются, и заряды оказываются расположенными на поверхностях пузырьков очень малых размеров. В результате резкого уменьшения поверхности кавитационного пузырька резко возрастает напряжение статического электричества. Между стенками кавитационного пузырька и капельками, находящимися внутри их, проскакивают электрические разряды, напоминающие микроскопические молнии. Эти электрические разряды высокой напряженности также оказывают губительное действие на бактерии, оказывающиеся источниками возникновения пузырьков.

Возникновение кавитационных пузырьков на поверхностях бактерий, яиц гельминтов сопровождается образованием свободных радикалов (ОН)⁻, НО⁻², N⁺, а также конечных продуктов их рекомбинации H₂O₂, HNO₂, HNO₃.

Образование перекиси водорода, свободных радикалов и кислот также оказывает губительное воздействие на микроорганизмы, содержащиеся в обрабатываемом материале.

Для решаемой нами проблемы значительный интерес представляет обеззараживающее действие кавитации в процессе обработки свиного навоза.

Для проверки и подтверждения изложенных материалов нами был проведен производственный эксперимент.

С этой целью была выбрана кавитационная установка оригинальной конструкции.

Свиной навоз влажностью 67 % разбавлялся водой до влажности 92 % и после запуска в работу установки подавался в емкость кавитатора.

По показанию спиртового термометра определяли его температуру, секундомером фиксировалось время обработки материала и отбиралась проба материала стерильным инструментом в стерильную посуду для микробиологического исследования. Переносными электроизмерительными клещами Ц91 измерялись величина тока и напряжения для определения потребляемой установкой мощности.

Производительность установки по результатам замеров при достижении температуры обеззараживания 75 °С составила почти 655 кг/ч. При этом удельные затраты энергии не превышают 0,003 кВт·ч/кг. Таким образом, энергозатратность кавитационной обработки является незначительной, что говорит о возможности ее широкого внедрения в практику свинокомплексов, свиноферм и крестьянских фермерских хозяйств.

Подстилочный навоз является естественным источником макроэлементов – азота, фосфора и калия, а также целого ряда микроэлементов, таких как известь, магний, сера, хлор, кремний и других, необходимых для жизнедеятельности растений. Отклонения по химическому составу навоза довольно значительны, поэтому для правильного определения дозы внесения необходимо определять его химический состав.

Кроме того, навоз включает в себя также органические соединения, в составе которых присутствует клетчатка, жир, сахар, крахмал, зольные элементы.

Проведенные исследования показали, что химический состав навоза в процессе кавитационной обработки изменялся. Результаты представлены в таблице.

**Физико-химические и микробиологические показатели
при кавитационной обработке свиного навоза**

Показатель	Исходная навозная масса	Обработка в кавитаторе	Выдержка после обработки
Режим обработки			

Время обработки, с	0	76	141	213	342	470	550	600	1200	1800
Температура, °С	14	30	40	50	60	70	75	65	64	63
Химические показатели										
Зола, %	1,22	0,66	0,65	0,70	0,76	0,65	0,63	0,68	0,59	0,58
Азот, %	0,178	0,036	0,046	0,044	0,043	0,043	0,041	0,034	0,034	0,033
Жир, %	0,14	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Клетчатка, %	0,44	0,04	0,038	0,036	0,033	0,030	0,012	0,020	0,019	0,016
Сахар, %	0,037	0,038	0,037	0,036	0,037	0,036	0,037	0,038	0,038	0,037
Крахмал, %	0,13	0,18	0,18	0,20	0,19	0,23	0,17	0,19	0,19	0,21
Микробиологические показатели										
КМАФАнМ, КОЕ/г	82x10 ⁹	600x10 ⁹	60x10 ⁹	49x10 ⁸	40x10 ⁸	24x10 ⁷	48x10 ⁵	14x10 ⁴	17x10 ³	3x10 ²
БГКП/колоний	3x10 ²	28x10 ²	12x10 ²	6x10 ²	3x10 ²	1x10 ²	0,5x10 ²	0,1x10 ²	-	-

Примечание: (-) – колоний не обнаружено.

При кавитационной обработке интенсивное воздействие на жидкую навозную массу за счет микроударов, кавитационных разрывов, растяжений и ультразвуковой вибрации приводит к ряду физических изменений частиц, находящихся в массе, и образованию однородной устойчивой суспензии. При этом на химическом уровне длинные молекулы целлюлозы разрываются, образуются разветвленные изометрические крахмальные структуры, а часть молекул подвергается гидролизу с образованием сахаров.

Проведенными исследованиями установлено, что в процессе обработки полученный материал стал содержать в 27,5 раза меньше клетчатки и в 1,6 раза больше крахмала, содержание золы уменьшилось в 2,1 раза, азота – в 5,4 раза, жира – в 14 раз, при этом содержание сахара осталось прежним.

Использование предлагаемого способа обработки навоза обеспечивает такие физикохимические процессы, которые дают возможность превратить исходную массу навоза в биологически активное удобрение в короткие сроки.

Проведенные микробиологические исследования образцов навозной массы до кавитационной обработки позволили обнаружить бактерии группы кишечной палочки, в том числе сальмонеллы, которые относятся к условно-патогенным микроорганизмам; золотистый стафилококк; плесневые грибы и другие бактерии.

Выделенные микроорганизмы группы кишечной палочки обладали высокой ферментативной активностью, позволяющей расщеплять органические субстраты, факторами патогенности, а также гемолитической и протеолитической активностью.

Микробная обсемененность составила:

- исходной навозной массы – 82 x 10⁹ КОЕ/г, обнаружено 3 x 10² колоний;
- при 30 °С (время обработки 76 с) – 600 x 10⁹ КОЕ/г и 28 x 10² колоний, т. е. КОЕ/г увеличилось в 7,3 раза и в 9,3 раза – количество колоний;
- при 40 °С (время обработки 141 с) – 60 x 10⁹ КОЕ/г и 12 x 10² колоний, т. е. КОЕ/г уменьшилось в 1,4 раза и в 4 раза – количество колоний;
- при 50 °С (время обработки 213 с) – 49 x 10⁸ КОЕ/г и 6 x 10² колоний, т. е. КОЕ/г уменьшилось в 16,7 раза и в 2 раза – количество колоний;

- при 60 °С (время обработки 342 с) – 40×10^8 КОЕ/г и 3×10^2 колоний, т. е. КОЕ/г уменьшилось в 20,5 раза;
- при 70 °С (время обработки 470 с) – 24×10^7 КОЕ/г и 1×10^2 колоний, т. е. КОЕ/г уменьшилось в 342 раза и в 3 раза – количество колоний;
- при 75 °С (время обработки 550 с) – 48×10^5 КОЕ/г и $0,5 \times 10^2$ колоний, т. е. КОЕ/г уменьшилось в 17×10^3 раза и в 6 раз количество колоний.

Для исследования были взяты образцы навозной массы после ее обработки в кавитаторе.

Микробиологический анализ показал.

Через 600 с (температура 65 °С) микробная обсемененность составила 14×10^4 КОЕ/г и $0,1 \times 10^2$ – количество колоний, т. е. КОЕ/г уменьшилось в 59×10^4 раза и в 30 раз – количество колоний;

- через 1 200 с (температура 64 °С) – 17×10^3 КОЕ/г и колоний не обнаружено, т. е. КОЕ/г уменьшилось в 48×10^5 раза;
- через 1 800 с (температура 63 °С) – 3×10^2 КОЕ/г и колоний не обнаружено, т. е. КОЕ/г уменьшилось в 27×10^7 раза.

Проведенные микробиологические исследования позволили установить бактерицидное действие кавитационной обработки и оптимальный ее режим 550 с при температуре 75 °С.

Полученные данные подтверждают возможность использования данного способа для обеззараживания свиного навоза.

Но для использования кавитационного способа для обеззараживания свиного навоза в хозяйствах в период эпизоотий необходимо проведение ряда дополнительных и трудоемких исследований. Например, для обеспечения биологической безопасности при обеззараживании навоза способом кавитации необходимо изменить режим обработки путем увеличения температуры до 80 °С и времени обработки до 15 мин, не взирая на повышение при этом энергозатрат.

Необходимо изучение воздействия метода кавитации конкретно на определенный патогенный инфекционный и инвазионный агент (бактериальный, вирусный, яйца гельминтов), который контаминирует свиной навоз.

Выводы. Кавитационный способ обработки свиного навоза дает возможность после обеззараживания сразу же применять его в качестве натурального органического удобрения, что уменьшит капиталовложения на строительство лагун для хранения жидкой фракции навоза или площадок для хранения и ферментативной обработки твердой фракции навоза как на свиноводческих предприятиях, так и в фермерских хозяйствах.

Способ кавитационной обработки навозной массы может быть предложен в качестве физического метода обеззараживания свиного навоза в хозяйствах, исключая периоды эпизоотий.