

Из приведенных условий функционирования и алгоритмов управления следует, что система контроля и регулирования потоков молока и хладоносителя автоматически выбирает эффективные режимы контроля потока и охлаждения молока в зависимости от уровня молока в релизере и соответственно от температуры хладоносителя и окружающего воздуха.

Применение изложенной математической модели и функционально структурной схемы контроля и регулирования потоков молока и хладоносителя в системах охлаждения с аккумуляторами естественного холода с использованием электромагнитных средств измерения позволит повысить энергоэффективность современных линий обработки молока, точность работы динамических звеньев, сократить объемы или вообще исключить

накопительно-регулирующие емкости, сократить эксплуатационные издержки, повысить качество молочной продукции.

#### Список литературы

1. Учеваткин, А.И. Автоматизированные энергосберегающие технологии и система электрооборудования линий первичной обработки молока на фермах: автореф. дис. ... доктора техн. наук / А.И. Учеваткин. — М.: ВИ-ЭСХ, 1998. — 44 с.
2. Пат. 2147398 РФ. Устройство для транспортировки и охлаждения молока при доении / Ф.Г. Марьяхин, А.И. Учеваткин, Б.П. Коршунов [и др.]. — № 99117378/13, заявл. 16.08.1999, опубл. 20.04.2000, Бюл. № 11.
3. Пат. № 2390124 РФ. Комбинированная установка для охлаждения молока с использованием естественного холода / Ф.Г. Марьяхин, А.И. Учеваткин, Б.П. Коршунов, А.Б. Коршунов [и др.]. — № 2009103663/12, заявл. 05.02.2009, опубл. 27.05.2010, Бюл. № 15.

УДК 631.8

*Н.Д. Аргунов, канд. техн. наук*

*Я.К. Абрамов, канд. техн. наук*

*Н.А. Саломатина*

*В.М. Веселов, канд. техн. наук*

*В.М. Залевский*

ЗАО «Твин Трейдинг Компани»

*Г.Е. Мерзлая, доктор с.-х. наук*

Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова Россельхозакадемии

## СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ НА ОСНОВЕ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД

Одна из современных проблем сельского хозяйства — ликвидация дефицита органических удобрений, без применения которых невозможно сохранить на должном уровне запасы почвенного гумуса и обеспечить надлежащие эколого-биологические функции почв.

Объем традиционных органических удобрений в стране, в частности навоза, сокращается по причине снижения поголовья крупного рогатого скота. Замена же органических удобрений минеральными не компенсирует недостаток органического вещества, так как приводит к истощению почв и неизбежному снижению урожайности. К тому же по причине недостаточной эффективности навоза дозы его внесения в почву весьма высоки и в зависимости от вида сельскохозяйственной культуры составляют от 38 до 100 т/га [1].

В то же время в Российской Федерации имеется постоянно возобновляемый источник органического сырья, а именно осадки сточных вод (ОСВ), которые по агрохимической ценности не только не уступают навозу, но и превосходят его. ОСВ

с успехом могут использоваться для изготовления компостов, почвогрунтов и других удобрительных средств, которые целесообразно применять в сельском и лесном хозяйствах, а также при озеленении городских территорий, рекультивации земель и т. п. При этом одновременно решается и другая народно-хозяйственная проблема — утилизации ОСВ, представляющих собой потенциально опасные источники загрязнения окружающей среды. В настоящее время на канализационных очистных сооружениях городов Российской Федерации ежегодное количество образуемых осадков составляет 70...80 млн м<sup>3</sup> при влажности 96...97 %, или 2,5...3 млн т сухого вещества. Они оказывают многостороннее негативное влияние на окружающую среду [2].

Во многих государствах на законодательном уровне декларируется принцип преимущественного рециклирования отходов, а не избавление от них любым путем. Так, в Люксембурге в сельском хозяйстве применяют 90 % годового выхода осадков, в Швейцарии — 70 %, Германии — 38 %, Фран-

ции — 23 %, Бельгии — 10 %, а в среднем по европейским странам и США — 32,4 % [3].

В Федеральном законе «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ, определяющем правовые основы обращения с бытовыми и промышленными отходами в целях предотвращения вредного воздействия на окружающую среду и здоровье человека, также указана необходимость их вовлечения в хозяйственный оборот в качестве дополнительного источника сырья, в том числе для производства ценных органических удобрений. По обобщенным данным [4, 5], осадки сточных вод обладают высокой удобрительной ценностью, в том числе содержат: до 50 % и более органического вещества (сухая масса), 1...2 % и более общего азота, до 3...4 % фосфора, 0,3...0,6 % калия, микроэлементы. Осадки сточных вод имеют нейтральную или близкую к нейтральной реакцию среды. Как показывают расчеты специалистов [6], ежегодный выход питательных веществ в виде ОСВ в Российской Федерации составляет 448 тыс. т азота, 64 тыс. т фосфора и 12 тыс. т калия, всего 124 тыс. т в год, что достаточно для ежегодного удобрения более 1 млн га пахотных земель.

Такое количество питательных элементов вполне может компенсировать безвозвратное изъятие биогенных элементов с урожаями, которое является постоянно действующим фактором деградации почв и снижения продуктивности пашни, что вынуждает в соответствии с земельным законом возврата все больше возмещать недостаток питательных веществ минеральными удобрениями.

Предложения по практическому применению ОСВ в качестве удобрения уже высказывались многими специалистами и ранее [3–8]. Однако, несмотря на доказанную эффективность ОСВ, использование таких удобрений в сельском и лесном хозяйствах нашей страны крайне ограничено. Основными факторами, сдерживающими применение ОСВ, являются: наличие в составе ОСВ патогенных микроорганизмов, гельминтов и тяжелых металлов; вязкая консистенция ОСВ и невозможность использования существующей сельскохозяйственной техники для почвенного размещения таких ОСВ; высокая влажность ОСВ и нерентабельность их транспортировки на расстояние более 4 км. Широкое применение ОСВ сдерживается ограничениями, установленными санитарными правилами и нормативами СанПиН 2.1.7.573–96, согласно которым ОСВ разрешается использовать только при выращивании зерновых, кустарни-

ковых и технических культур, а также рассады лесопитомников.

Данная работа выполнена специалистами ЗАО «Твин Трейдинг Компани» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

Агрохимическая ценность ОСВ определяется в первую очередь присутствием в них основных для растений питательных элементов — азота, фосфора и калия, а также микроэлементов. По своему составу ОСВ представляет собой комплексное удобрение с неограниченной сырьевой базой. В табл. 1 приведен химический состав осадка сточных вод (ОСВ) очистных сооружений г. Гагарина, взятого за основу при разработке органо-минерального гранулированного удобрения (ОМУГ). Образцы ОСВ отбирались из иловых карт 2-летнего хранения.

Как видно из табл. 1, ОСВ в очистных сооружениях г. Гагарина по химическому составу соответствуют требованиям действующих стандартов. Аналогичные результаты получены при исследовании ОСВ и других очистных сооружений городов (Электроугли, Щёлково, Люберцы, Москва, Вологда, Курьяновские очистные сооружения), что свидетельствует о примерно одинаковом составе ОСВ, приемлемых для производства удобрений в различных регионах РФ.

Тяжелые металлы (ТМ) попадают в почву различными путями: с пылегазовыми промышленными выбросами и бытовыми стоками, грунтовыми водами и т. д. Особенно значительные загрязнения почв имеют место в районах расположения предприятий черной металлургии, вокруг которых зоны загрязнения территорий достигают десятков километров. Пагубное влияние ТМ на человека состоит в том, что многие их соединения характеризуются высокой токсичностью и канцерогенностью, вызывающими повышенную заболеваемость. При использовании ОСВ в качестве удоб-

Таблица 1

Химический состав ОСВ очистных сооружений

Показатель	Значение	Требования стандартов	
		СанПиН 2.1.7.573–96	ГОСТ Р 17.4.3–2001
Влажность, %	37,7	Не более 82	*
Сухое вещество, %	62,3	*	*
pH <sub>кв</sub>	6,6	5,5...8,5	5,5...8,5
Содержание в сухом веществе, %:			
органическое вещество	22,5	Не менее 20	Не менее 20
азот (общ.)	1,1	*	Не менее 0,6
фосфор (в пересчете на P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3,5	*	Не менее 1,5
калий (в пересчете на K <sub>2</sub> O)	0,6	*	*
C/N	11	*	*

\* Требования отсутствуют.

Таблица 2

## Агрохимические и бактериологические характеристики гранулированной удобрительной смеси

Показатель	Значение
pH	6,68
Влажность, %	13,9
Содержание в сухом веществе, %:	
зола	49,1
органическое вещество	50,9
C	25,5
N общий	1,8
N аммонийный	0,007
фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3,48
калий (K <sub>2</sub> O)	2,26
C/N	14,2

рения ТМ, находящиеся в ОСВ, попадая в почву, усугубляют загрязнение почвы и усложняют выполнение требований соответствующих санитарных норм и правил. Действующими санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами запрещается применение ОСВ, если внесение их в почву превысит уровень ее загрязнения до значения 0,7...0,8 ПДК. Таким образом, важным условием успешного применения ОСВ в качестве удобрения является создание способа детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами. В процессе поиска надежного метода детоксикации загрязненных почв ранее применялись различные способы детоксикации: механические (перемешивание почвы с разбавителями — торфом, свежей и привозной землей и т. п.), метод фитоэкстракции ТМ с помощью выращивания специальных растений, поглощающих ТМ, химический метод — использование реагентов типа аминокислот, связывающих ТМ в нерастворимые комплексы и др. Все эти методы характеризуются либо затратностью, либо недостаточной эффективностью и надежностью (химический метод авторами был рекомендован только для ограниченного внедрения, а именно, в качестве почвоулучшающей добавки [6]).

Для детоксикации ОСВ был применен наиболее эффективный способ — реагентный, с использованием гуминового препарата, основу которого составляет гуминовая кислота. Гуминовый препарат (ГП) связывает тяжелые металлы в нерастворимые соединения, не способные к миграции в растения, в результате чего происходит частичная или полная нейтрализация токсичных металлов. При этом ГП одновременно выполняет функцию ускорителя роста растений, он также способствует более полному усвоению удобрений и повышает сопротивляемость растений болезням и неблагоприятным условиям окружающей среды. При использовании даже малого количества гуминового препарата (порядка 0,2 %) концентрация растворимых форм тяжелых металлов снижается в несколько раз. Эти данные убеждают в надежности метода нейтрализации ТМ, которые в химически связанном состоянии не могут поглощаться растениями и не представляют опасности по цепочке питания как животным, так и человеку. Высвобождение ТМ при повышении кислотности почвы (кислотные дожди) устраняется обычным известкованием почвы.

Согласно ГОСТ 17.4.07—2001 в ОСВ и компостах на их основе, предназначенных к использованию в качестве удобрения, не должно содержаться патогенных микроорганизмов, яиц гельминтов и цист кишечных патогенных простейших. Количество бактерий группы кишечной палочки для осадков первой группы не должно превышать 100 клеток осадка фактической влажности, для второй группы — не более 1000 (соответственно 0, 01

и 0,001 г). Поэтому загрязненные осадки требуют обязательного обеззараживания. Обеззараживание ОСВ предусматривает нагрев ОСВ до температуры 60...65 °С (требование СанПиН 2.1.7.573—96), кроме того, обеззараживание ОСВ происходит при применении термовакуумно-импульсной технологии (ТВИ-технологии). Для регулирования содержания питательных элементов в удобрительной смеси применительно к конкретным видам сельхозпродукции в ОСВ рекомендуется добавлять до 13 % N, P, K. По результатам испытаний санитарно-бактериологические показатели удобрительной смеси полностью соответствуют стандартам.

Агрохимические характеристики удобрительной смеси приведены в табл. 2.

Сравнение данных табл. 1 и 2 показывает, что готовая (сухая) гранулированная удобрительная смесь отличается по составу от ОСВ более высоким содержанием азота и калия. Ввиду того, что осадки сточных вод содержат определенные концентрации микроэлементов, относящихся к этой категории при незначительном их поступлении в почву, а при избыточном — к тяжелым металлам, проведена оценка удобрительного средства по этим показателям. Результаты приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, валовое содержание микроэлементов в удобрительном средстве, относящихся в том числе и к тяжелым металлам, является допустимым по нормативам действующего стандарта.

Агрономическая эффективность удобрительного средства оценивалась по результатам двух полевых опытов, проведенных при внесении его в дозе 4 т/га под картофель в условиях Полевой опытной станции РГАУ — МСХА имени К.А. Тимирязева и лен-долгунец на опытном поле Вологодской государственной молочно-хозяйственной академии имени Н.В. Верещагина. В результате опытов установлено, что в расчете на 1 т удобрительного сред-

Таблица 3

Содержание микроэлементов  
в удобрительном средстве ОСВ + минеральные добавки (13%)

Микроэлемент	Содержание, мг/кг сухого вещества	Допустимое значение по ГОСТ Р 17.4.3.07–2001	
		Использование по группе	
		1	2
Свинец (Pb)	4,0	250	500
Кадмий (Cd)	7,9	15	30
Никель (Ni)	66,0	200	400
Хром (Cr)	378,0	500	1000
Цинк (Zn)	753,0	1750	3500
Медь (Cu)	526,0	750	1500
Мышьяк (As)	7,0	10	20
Марганец (Mn)	170,0	Не нормируется	Не нормируется

ства получено более 1 т картофеля, или на 15,9% более, чем на контроле, и 0,2 т льносоломы, или на 47,1% более, чем на контроле. Вегетационные опыты с ячменем показали также, что прибавка биомассы зерновой тестовой культуры от применения удобрительного средства составила 45,8%.

Таким образом, по сравнению с другими органическими удобрениями, применяемыми в сельском хозяйстве России и за рубежом, данный вид удобрения обладает рядом существенных преимуществ, обусловленных его физическими и химическими свойствами. Это относится к его низкой влажности, высокой удобрительной ценности, применимости для почвенного размещения действующей сельскохозяйственной техники, широкой сырьевой базе.

Целесообразно рекомендовать данное удобрительное средство для повсеместного внедрения.

**Список литературы**

1. Применение дозы и сроки внесения бесподстилочного навоза / Г.Е. Мёрзлая [и др.]: методические ре-

комендации. — М.: ВНИИУиА им. Д.Н. Прянишникова, 1990. — 8 с.

2. Жуков, Н.Н. Состояние и перспективы развития сооружений по обработке водопроводных и канализационных осадков в городах России / Н.Н. Жуков // Водоснабжение и санитарная техника. — 2002. — № 12. — С. 3–6.

3. Агрехимическая характеристика осадков сточных вод и их удобрительная ценность / Л.И. Еськова [и др.] // Экологические и технологические вопросы производства и использования органических и органоминеральных удобрений на основе осадков сточных вод и твердых бытовых отходов: сб. статей. — Владимир: ВНИПТИОУ, 2004. — С. 39–43.

4. Курганов, Е.В. Комплексная оценка осадков городских сточных вод в качестве удобрения / Е.В. Курганов, О.А. Корейкина // Экологические и технологические вопросы производства и использования органических и органоминеральных удобрений на основе осадков сточных вод и твердых бытовых отходов: сб. статей. — Владимир: ВНИПТИОУ, 2004. — С. 38–40.

5. Агрэкологические и технологические аспекты использования осадков городских сточных вод в качестве удобрения / В.А. Касатиков [и др.] // Экологические и технологические вопросы производства и использования органических и органоминеральных удобрений на основе осадков сточных вод и твердых бытовых отходов: сб. статей. — Владимир: ВНИПТИОУ, 2004. — С. 29–39.

6. Филин, В.А. Обезвреживание осадков городских сточных вод реагентами на аминокислотной основе: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.А. Филин. — Н. Новгород, 2004. — 24 с.

7. Агрэкологическая оценка нового органоминерального удобрения на основе осадка сточных вод: материалы Международной научно-практической конференции / Н.Д. Аргунов [и др.]. — Вологда, 2011. — С. 227–231.

8. Стратегия использования осадков сточных вод и компостов на их основе в агрикультуре / В.Ф. Ладонин [и др.]. — М.: Агроконсалт, 2000. — 138 с.