

## Дефосфотация высококонцентрированных сточных вод

Высококонцентрированные сточные воды, образующиеся на животноводческих комплексах, характеризуются высоким содержанием аммонийного азота, хлоридов, соединений фосфора и других загрязняющих веществ. Накопление большого количества таких сточных вод значительно ухудшает экологическую обстановку в расположенных рядом населенных пунктах, загрязняя водоисточники и земельные площади. С другой стороны, после дополнительной обработки животноводческие стоки могут применяться в качестве ценных органических удобрений для повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

В настоящее время при утилизации высококонцентрированных сточных вод свиноводческих комплексов в основном используют приведенные ниже методы.

**Разделение стоков.** Из-за высокой концентрации загрязняющих веществ одной из основных операций этого метода является разделение стоков на твердую и жидкую фракции с целью использования продуктов разделения в качестве удобрений [1]. В соответствии с нормативными требованиями,

влажность твердой фракции после разделения сточных вод не должна превышать 70–72%, что важно для создания оптимальных условий его дальнейшей биотермической обработки. Жидкая фракция, в которой концентрация взвешенных веществ должна быть минимальной, используется чаще всего для орошения или сбрасывается в водоем после соответствующей биохимической очистки. Продукты разделения с требуемыми характеристиками получают путем многоступенчатой обработки (не менее двух ступеней) в осадительных и фильтровальных устройствах.

**Комбинированная технология физико-химической и биологической очистки** включает предварительный перевод фосфора и аммонийного азота в трудно растворимый ортофосфат магния-аммония и последующую двухступенчатую биологическую очистку сточных вод в аэротенках со струйной аэрацией и реагентной доочисткой [2]. Высокая степень очистки позволяет сбрасывать сточные воды в естественные водоемы или использовать их в оборотной системе технического водоснабжения животноводческих комплексов. Образующийся осадок с высоким

содержанием биогенных элементов может быть утилизирован как органоминеральное удобрение.

**Аэробная очистка сточных вод** необходима для получения воды, удовлетворяющей экологическим требованиям для сброса ее в водоемы. Метод, изложенный в работе [3], заключается в перемешивании сточных вод с подачей воздуха, что обеспечивает развитие аэробных бактерий, окисляющих органическое вещество до углекислоты и образующих биомассу (активный ил) в количестве приблизительно 70% окисленного органического вещества.

**Аэробно-анаэробный метод** включает анаэробное и аэробное сбраживание и отстаивание. После отделения грубодисперсных примесей сточные воды проходят предварительную очистку в аэротенке. Там же смонтирован метантенк, где происходит сбраживание активного ила после предварительной и двухступенчатой аэробной очистки. При этом температурный режим в метантенке поддерживается за счет тепла аэротенка предварительной очистки.

**Использование гидрокультур** высших водных растений [4].

\* Фокичева Елена Александровна, кандидат технических наук, доцент, Вологодский государственный технический университет  
Вологда, ул. Ленина, 15, тел.: (8172) 72-00-94, e-mail: Eafokicheva2007@yandex.ru

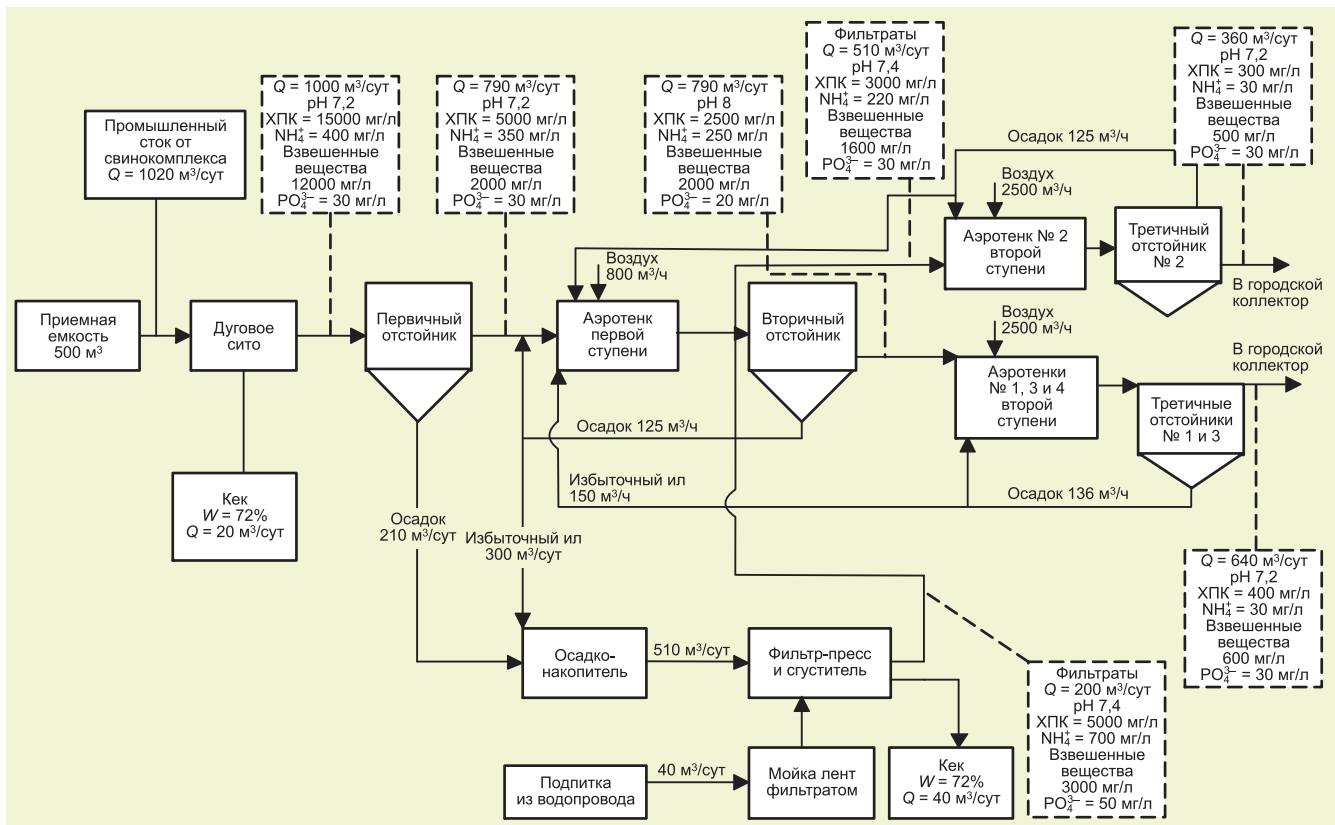


Рис. 1. Балансовая схема очистных сооружений канализации свиноводческого комплекса ЗАО «Надеево»

Данным способом ускоряется процесс очистки путем контакта сточных вод с гидрокультурой высших водных растений *Fista stratiotes L.* При этом в лотковые установки со сточной водой свиноводческого комплекса из общего коллектора вносят биомассу гидрокультуры. Очистка продолжается в течение 9 дней. Биомасса за этот период увеличивается почти в 2,3 раза, численность сапрофитных форм микроорганизмов снижается в 86 раз, численность кишечных групп бактерий уменьшается в 4687 раз, при этом значительно улучшаются физико-химические показатели качества сточных вод.

**Реагентный метод.** В качестве реагентов помимо сульфатов и хлоридов алюминия, железа и других распространенных коагулянтов применяются фирменные препараты, в состав которых входят, в частности, органические полимерные соединения с молекуляр-

ной массой более 1 000 000. Эти соединения дозируются в реактор, снабженный механической мешалкой (время пребывания 5–10 мин). Степень очистки по показателю ХПК при его исходных значениях до 5000 мг/л составляет около 98% [5].

Рассмотрим эффективность работы очистных сооружений канализации свиноводческого комплекса на 30 тысяч голов (ЗАО «Надеево»), расположенного в Вологодской области. Балансовая схема очистных сооружений представлена на рис. 1.

Очищенные сточные воды поступают в городской коллектор и затем — на очистные сооружения канализации г. Вологды. После математической обработки данных технологического контроля были получены средние (за семь месяцев 2008 г.) показатели качества очищенных сточных вод. Результаты расчетов, а также требования к качеству очищенных

сточных вод, сбрасываемых в городской коллектор, приводятся в таблице. Сопоставление данных технологического контроля за 2008 г. и нормативных требований показало недостаточную степень очистки сточных вод от взвешенных веществ, фосфатов и аммонийного азота.

Для снижения остаточных концентраций фосфора и содержания взвешенных веществ на очистных сооружениях свиноводческого комплекса ЗАО «Надеево» рассматривались несколько инженерных решений. Совместно с институтом «МосводоканалНИИпроект» был разработан вариант с применением мешалок-аэраторов, выпускаемых фирмой «Флюгт» (Италия), в действующих аэротенках первой и второй ступеней, а также с устройством анаэробного реактора и реактора по утилизации фосфора. При этом удаление основной части фосфора проводится в

Показатель	До первичных отстойников	После первичных отстойников	До аэротенков второй ступени	После аэротенков второй ступени	На входе в городской коллектор	Нормативные требования
pH	7,2	7	8	7,4	7,5	6,5–8,5
БПК <sub>5</sub> , мг/л	3200	2375	1053	163	105,3	150
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л	347	337	202	44,9	40,87	35,4
Нитраты, мг/л	8,7	5,3	2,1	0,15	0,154	40
Нитриты, мг/л	1,54	0,82	0,64	0,25	0,166	0,9
Взвешенные вещества, мг/л	12631	2494	1521	969	762,93	240
Хлориды, мг/л	89	85,4	72,1	70	68	300
Фосфаты, мг/л	30,4	29,4	22,6	27,2	24,28	5,29
Сульфаты, мг/л	211	189	51,4	28,4	21,2	114,44

реакторе образования струвита (аммония-магния фосфата). По предварительным расчетам, очищенные сточные воды имели следующие показатели, мг/л: ХПК – 265,5; взвешенные вещества – 25; N–NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – 2,5; фосфаты – 6,3. Несмотря на высокую эффективность очистки, большие финансовые затраты на реконструкцию очистных сооружений (оборудование – 502 629 у. е., строительно-монтажные работы – 77 900 у. е.) делают этот проект экономически нецелесообразным.

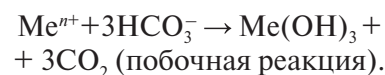
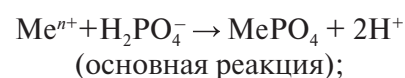
Для снижения содержания соединений фосфора и взвешенных веществ в очищенных сточных водах автором предложен реагентный метод очистки с использованием сульфата железа (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O), являющегося отходом производства некоторых предприятий Вологодской области (побочный продукт, образующийся при травлении разбавленной серной кислотой железных листов, проволоки и др.). В частности, этот реагент является отходом производства предприятия ОАО «Электротехмаш», расположенного в непосредственной близости от ЗАО «Надеево», что позволит значительно сократить себестоимость коагулянта и транспортные расходы.

В 2008 г. на базе Вологодского государственного техни-

ческого университета при участии специалистов очистных сооружений канализации ЗАО «Надеево» были проведены экспериментальные исследования по определению эффективности реагентной очистки сточных вод с использованием сульфата железа. Пробы воды отбирались в следующих точках: перед первичными отстойниками (точка 1), перед аэротенками первой ступени (точка 2) и перед аэротенками второй ступени (точка 3). При этом определялись следующие параметры: pH, ХПК, содержание взвешенных веществ, ортофосфатов, общего азота. Затем в сточную воду вводился реагент различной концентрации и определялось остаточное содержание загрязняющих веществ. По результатам проведенных экспериментов были построены графики зависимости эффективности удаления фосфора, изменения содержания взвешенных веществ и pH от дозы реагента, вводимого в разные точки технологической схемы (рис. 2).

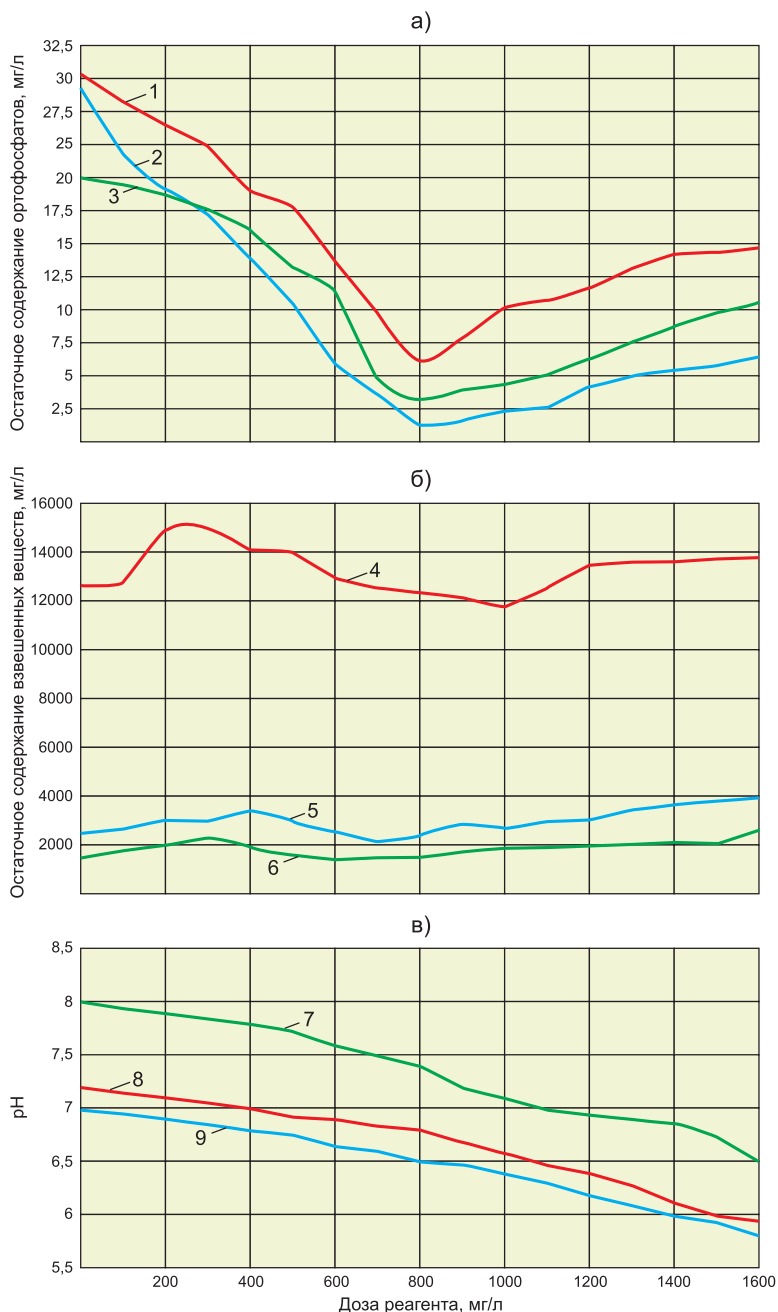
Снижение содержания ортофосфатов до ПДК на выходе из очистных сооружений обеспечивается при введении реагента дозой 800 мг/л перед аэротенками первой ступени. Содержание взвешенных веществ в точке перед аэротенками первой ступени при дозе

реагента 800 мг/л снижается с 2494 до 2041 мг/л, что объясняется адсорбцией загрязнений сточных вод на продуктах гидролиза сульфата железа. Снижение щелочности сточной воды при коагуляции происходит по следующим химическим реакциям:



При удалении фосфатов из разбавленных сточных вод оптимальный диапазон pH исходной сточной воды при использовании сульфата железа составляет 8–8,5, в то время как для высококонцентрированных сточных вод – 6,5–7. В источнике [6] этот факт объясняется тем, что под влиянием возрастающих концентраций фосфатов оптимальные значения pH при коагуляции (как и в присутствии сульфатов) смещаются в сторону более низких значений.

В аэротенке первой ступени за счет подачи кислорода осуществляется перевод железа из двухвалентной в трехвалентную форму, необходимую для активного протекания процесса коагуляции. Если при биологической очистке, включающей стадию осаждения железом, возникает ситуация, при которой концентрация кисло-



**Рис. 2. Эффективность удаления ортофосфатов (а), взвешенных веществ (б) и изменение pH (в) при введении реагента в разные точки технологической схемы**

— точка 1; — точка 2; — точка 3; исходная концентрация ортофосфатов, мг/л: 1 – 30,4; 2 – 29,4; 3 – 22,6; исходная концентрация взвешенных веществ, мг/л: 4 – 12631; 5 – 2494; 6 – 1521; исходное значение pH: 7 – 8; 8 – 7,2; 9 – 7

рода становится равной нулю (станция перегружена), то  $Fe^{3+}$  может вновь восстанавливаться до  $Fe^{2+}$ , в результате чего часть фосфора будет высвобождаться. Однако такая ситуация невозможна до тех пор, пока весь нитрат, присутствующий в среде, не будет израсходован в процессе денитрификации, по-

скольку нитрат также способен окислять  $Fe^{2+}$  до  $Fe^{3+}$ , особенно при участии бактерий.

Остаточное содержание железа при введении реагента дозой 800 мг/л перед аэротенками первой ступени составляет около 2,08 мг/л. Если учесть, что 50% железа (как минимум) удаляется после аэротенков, то

предполагаемая концентрация железа на выходе из очистных сооружений составит около 1 мг/л. Это соответствует требованиям, предъявляемым к очищенным сточным водам, сбрасываемым в городской канализационный коллектор.

### Выводы

Проведенные исследования процессов дефосфотации высококонцентрированных сточных вод свиноводческого комплекса с использованием в качестве реагента сульфата железа показали, что эффективность очистки зависит от дозы реагента и места его ввода в различные точки технологической схемы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скирдов И. В., Гришин Б. М., Маньжов Н. А. Оборудование для разделения животноводческих стоков // Водоснабжение и сан. техника. 1994. № 10.
2. Синев О. П. Технология очистки сточных вод свиноводческих комплексов: Сб. научн. трудов Юж.-Рос. гос. техн. ун-та. – Новочеркасск, 2000.
3. Ковалев А. А., Ножевникова А. Н. Биогазовые станции для переработки сельскохозяйственных животноводческих отходов: Науч. тр. ВИЭСХ. – М., 2000.
4. Музафаров А. М., Шоякубов Р. Ш., Юнусов И. И. и др. Способ биологической очистки сточных вод животноводческих комплексов: Науч. тр. ВИЭСХ. – М., 2000.
5. Маньжов Н. А., Демидов О. В. Технологическая схема обработки и утилизации животноводческих стоков // Водоснабжение и сан. техника. 1986. № 11.
6. Хенце М. и др. Очистка сточных вод: Пер. с англ. – М.: Мир, 2004.