

УДК 628.316.12

ВЛИЯНИЕ pH СРЕДЫ НА ПРОЦЕСС ДЕФТОРИРОВАНИЯ
СТОЧНЫХ ВОД

С. В. АЗОПКОВ, Ю. Д. ПЕРЕСУНЬКО

Научный руководитель Е. Н. КУЗИН, канд. техн. наук, доц.
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия

Ежегодно приходится сталкиваться с увеличением нагрузки на агропромышленный комплекс ввиду неуклонного роста населения и, как следствие, постоянного повышения количества образующихся производственных жидких (сточные воды) и твердых отходов.

Одной из серьезных экологических проблем, связанной с расширением перечня производимых минеральных удобрений, различных почвенных добавок, активаторов роста, мелиорантов и других продуктов, направленных на повышение урожайности пахотных земель, является образование значительных объемов сточных вод, содержащих крайне токсичные поллютанты (фторид-, фосфат-, аммоний-, нитрат-ионы и др.) с крайне низкими нормативами сброса. Например, для рыбохозяйственных водоемов предельно допустимые концентрации (ПДК) по фторид-ионам не должны превышать $1,5 \text{ мг/дм}^3$, по фосфатам – не более $0,2 \text{ мг/дм}^3$, для ионов аммония – не более $0,04 \text{ мг/дм}^3$ (СанПиН 1.2.3685–21). Однако наиболее токсичным компонентом сточных вод производства минеральных удобрений являются соединения фтора, вызывающие такое серьезное заболевание у людей, как флюороз.

В связи с этим возникает необходимость в очистке подобных сточных вод в первую очередь от фторид-ионов. Самым распространенным методом дефторирования сточных вод является реагентное осаждение фторид-ионов в виде различных фторидов металлов (CaF_2 , MgF_2 , AlF_3 , FeF_3). В качестве реагентов-осадителей чаще всего используют соединения кальция/магния (CaO , MgO , Ca(OH)_2 , Mg(OH)_2), соли алюминия/железа (сульфат, хлорид) или совместное последовательное применение соединений кальция/магния и алюминия/железа. Однако трудность с реагентном осаждении фторид-ионов заключается в определении эффективного диапазона pH, при котором происходит максимальное снижение фторид-ионов, и который, в свою очередь, зависит от множества факторов (буферная емкость сточной воды, наличие/отсутствие соединений аммония, фосфатов и др.) [1, 2].

Ввиду этого целью работы является определение эффективного pH для обработки фторидсодержащей сточной воды известковым молоком для максимального удаления фторид-ионов.

В исследовании использовали реальную сточную воду следующего состава: содержание фторид-ионов – $114,2 \text{ мг/дм}^3$; pH – 5,63. Эксперименты проводили в полипропиленовых стаканах (с целью снижения агрессивного воздействия фторид-ионов на стеклянную емкость) объемом 250 см^3 с постепенным введением 5-процентного известкового молока до pH, равного 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0;

11,0; 11,5, и временем выдержки не менее 5 мин после достижения заданного рН системы. Эффективность дефторирования сточной воды определяли в надосадочной части после фильтрации образующейся суспензии сточной воды и известкового молока. Содержание фторид-ионов определяли потенциометрическим методом с использованием ион-селективного электрода ЭЛИС-131F.

Результаты эксперимента представлены в табл. 1.

Табл. 1. Эффективность дефторирования сточной воды 5-процентным известковым молоком

рН системы	Расход 5-процентного известкового молока, мл/250 см ³	Остаточное содержание фторид-ионов, мг/дм ³
Исходный 5,63	–	114,2
6,0	0,1	110,10
7,0	0,15	78,80
8,0	0,26	55,17
9,0	0,31	48,30
10,0	0,33	39,51
11,0	0,35	35,10
11,5	0,36	33,40

Из данных, представленных в табл. 1, видно, что наибольшая эффективность дефторирования сточной воды обеспечивается при рН, равном 10...11,5, и при этом остаточные концентрации фторид-ионов незначительно отличаются (от 39,51 до 33,40 мг/дм³), но все еще значительно превышают ПДК. Показано, что исследуемая сточная вода имеет потенциометрический перелом при рН 9,0, после которого расход известкового молока увеличивается незначительно. Вероятнее всего это может быть связано с параллельными процессами дефосфатизации, влияющие на буферность системы и расход известкового молока.

В результате проделанной работы установлено, что эффективный диапазон рН для максимального снижения фторид-ионов находится в пределах 10,0...11,5. При этом исследования, направленные на последующее снижение остаточных количеств фторид-ионов после обработки сточной воды кальцийсодержащим реагентом, будут проведены позже. В качестве реагентов-осадителей для второй стадии очистки планируется использовать различные соли алюминия или железа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмедова, Г. Р. Способы и технологии обезфторивания воды / Г. Р. Ахмедова, К. А. Ногаева, С. С. Нуркеев // Наука и новые технологии. – 2012. – № 2. – С. 110–113.
2. Тюменцева, М. В. Очистка воды от фторид-иона / М. В. Тюменцева // E-Scio. – 2023. – № 2 (77). – С. 401–416.