

Далее сточные воды, очищенные от БПК, попадают в аэробную (оксидную) зону IV, где автотрофные микроорганизмы активного ила осуществляют нитрификацию аммонийного азота, содержащегося в биологически очищенной от БПК сточной воде.

Для реализации этой концепции предлагается использование резервуаров существующих аэротенков с реконструкцией отдельных бассейнов с разделенными зонами, упомянутыми выше.

### **Заключение**

Общий анализ преимуществ всех этих процессов показывает, что количество образующегося осадка сопоставимо с образованием ила в обычных системах очистки сточных вод с активным илом и, что не менее важно, требует очень мало или совсем не требует химических реагентов для удаления фосфора. Некоторые из этих процессов, в измененной форме, могут быть использованы для задержания только фосфора или только азота.

### **Список литературы**

1. Ovidiulanculescu, Gh.Ionescu, R.Racovițeanu. Epurarea apelor uzate, Editura. Matrix ROM, București, 2001. ISBN 973-685-333-0, 247 pagini.
2. Ungureanu D. Eliminarea nutrienților din apele uzate la stațiile de epurare din localitățile canalizate. (Удаление биогенных элементов из сточных вод на очистных сооружениях канализованных мест). Chișinău, Ed. Bons Offices, 2005, 71 p.
3. Metcalf and Eddy, Inc. Wastewater Engineering. Treatment and Reuse (Fourth Edition). McGraw-Hill Higher Education, 2003, 1819 p.
4. Мишуков, Б.Г., Соловьева, Е.А. Удаление азота на очистных сооружениях городской канализации. Санкт-Петербург: Изд-во Журнал «Вода и экология. Проблемы и решения», – 2004. 8 с.
5. Grady C.P. Lesley Jr., Daigger Glen T., Lim Henry C. Biological Wastewater Treatment (Second Edition). Marcel Dekker, Inc. 1999, 1076p.
6. Rittman, Bruce E., McCarty Perry L. Environmental Biotechnology: Principles and Applications. McGraw-Hill, C. Inc., 2001, 754 p.
7. Ovidiu Ianculescu, Gh.Ionescu, R.Racovițeanu. Epurarea apelor uzate, Editura. Matrix ROM, București, 2001. ISBN 973-685-333-0, 247 pagini.
8. ТЭО-ТЭР реконструкции Кишиневской станции очистки сточных вод. VP-Kinetic, Klatovy, ČR, 2005.
9. Directive 91/271/EEC on Urban Waste Water Treatment.
10. Directive 98/15/EEC amending directive 91/271/EEC.

УДК 628.33

## **РЕАГЕНТНАЯ ОБРАБОТКА СТОЧНЫХ ВОД СЕРНОКИСЛЫМ АЛЮМИНИЕМ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ФОСФОРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

**Ющенко В.Д.1, Галузо А.В.2**

<sup>1</sup> Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», г. Новополоцк, Республика Беларусь, yuvd46@mail.ru

<sup>2</sup> УП «Витебскводоканал», г. Витебск, Республика Беларусь, [galuzo.anna@mail.ru](mailto:galuzo.anna@mail.ru)

*The article describes results of research on the chemical removal of phosphorus compounds from wastewater by using aluminum sulfate. Are determined input points of the reagents in the technological scheme of wastewater treatment plant in the UP "Vitebskvodokanal". The analysis of their characteristics is done and selection of basic kinds and types of reagents to achieve the required residual concentration of phosphorus in the treatment of a mixture of household and industrial wastewaters. A technique for research, conducting experiments, analyzed of the results.*

## Введение

Сброс неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод в водоёмы приводит к нарушению в них экологического равновесия с перестройкой биоценоза водоёма и может заканчиваться полной гибелью аэробных организмов и развитием процессов гниения. В настоящее время к очистным сооружениям предъявляются более жесткие требования защиты водных источников от поступления биогенных элементов и токсических веществ [1,2].

Биогенные элементы, прежде всего азот и фосфор, представляют собой вещества, постоянно входящие в состав различных организмов и играющие большую роль в процессах их жизнедеятельности. Но поступление их повышенных концентраций в водоемы и водостоки нарушают в них естественные условия существования экосистем. В результате отрицательных воздействий азота и фосфора постепенно в водоеме начинают преобладать анаэробные процессы, которые сопровождаются образованием ядовитых веществ (фенолы, сероводород и метан). В итоге уничтожается большая часть аэробной флоры и фауны [3].

Для удаления азотных соединений в процессе очистки городских сточных вод, в основном, используется метод биологической нитрификации – денитрификации [4]. Сочетание этих процессов приводит к снижению общего азота, как правило, до требуемых нормативных значений.

Для извлечения общего фосфора из сточных вод могут быть использованы физические, физико-химические, биологические методы, а также их комбинации [2]. Причем, для глубокого удаления фосфора, менее 1 мг/л, желательно использовать реагентную коагуляцию сточных вод с применением растворимой соли алюминия или железа, реже – известь, можно также использовать отходы производств с содержанием этих веществ [6].

При обработке сточных вод сернокислым алюминием удаление соединений фосфора происходит вследствие выпадения в осадок нерастворимых фосфатов, а также сорбции сложных фосфатов и органических соединений фосфора на хлопья гидроокисей  $Al(OH)_3$ , образующихся в результате гидролиза солей. Для растворимых ортофосфатов реакция непосредственного взаимодействия сернокислого алюминия в области величины pH 6,5-8,0 может быть следующей:



Объектом исследования является станция аэрации УП «Витебскводоканал» и реальная сточная вода, отбираемая в различных точках по технологической схеме ее обработки. На станцию аэрации УП «Витебскводоканал» поступает смесь хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод, причем их количество и состав подвергаются постоянному изменению в соответствии с экономической ситуацией в республике [3]. Анализ состава сточных вод показывает, что доля сточных вод хозяйственно-бытового назначения составляет порядка 65-70%, следовательно, доля промышленных стоков – 30–35%. В настоящее время объем поступления смеси хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод равен порядку 75–90 тыс. м<sup>3</sup>/сут. По данным 2013–2015 гг. средние показатели сточных вод составляют: взвешенные вещества – 385 мг/дм<sup>3</sup>, ХПК – 780 и БПК<sub>5</sub> – 250 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, азот по Кьельдалю – 60 и фосфор общий – 6 мг/дм<sup>3</sup>.

## Цель работы

Определить эффективность воздействия различных типов коагулянтов в лабораторных условиях на удаление фосфора для различных точек их ввода по технологической схеме обработки сточных вод.

Методика проведения исследований. В качестве реагентов были использованы виды и сорта сернокислого алюминия различных поставщиков (таблица 1).

**Таблица 1 – Массовая доля основного вещества (%) в сернокислом алюминии**

№ п/п	Производитель (Поставщик)	Реагенты (условные обозначения)	Массовая доля основного вещества, %
1	СП «КСАНТ» ООО РБ, г. Гомель	Алюминия сульфат, Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> . ТУ BY400258949.003-2005. Гранулированный, второй сорт.	16
2	СП «КСАНТ» ООО РБ, г. Гомель	Алюминия сульфат, Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> . ТУ BY400258949.003-2005. Водный раствор.	7,7
3	КЕМИПОЛ (ЧТУП «ВЕГЛО-СТАЛ») Польша	Алюминия сульфат, Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> . Марка ALS. Водный раствор.	7,9

Лабораторные исследования по реагентной обработке сточных вод выполнялись по методике, обеспечивающей условия моделирования производственных процессов очистки воды: смешение рабочих растворов реагентов и сточной воды, продолжительность проведения гидролиза соли и отстаивание.

Лабораторная установка представляет собой автоматическую установку для перемешивания воды с реагентом в четырех мерных сосудах емкостью 0,5 л.

Последовательность выполнения работы:

1. Для проведения каждого опыта отбиралось по технологической схеме обработки стоков на очистных сооружениях в предполагаемых точках ввода реагентов около 10 л реальной сточной воды.

2. В пробе исходной воды определялись величина pH и содержание общего фосфора.

3. Исследуемую воду заливали в мерные цилиндры до метки 500 мл. Затем в каждый цилиндр пипеткой добавляли различное количество 1% раствора сернокислого алюминия по активному веществу.

4. После этого воду в цилиндрах перемешивали в течение 20...30 сек. со скоростью 60 об/мин, а затем ее снижали до 10...15 и продолжали перемешивание в течение 10...15 минут.

5. Далее цилиндры оставляли в покое на 30...120 мин. (в зависимости от предполагаемой точки ввода реагентов) и наблюдали за образованием и осаждением хлопьев ( $t_n$ ), временем оседания ( $t_0$ ), временем окончания оседания ( $t_k$ ), видом хлопьев.

6. После окончания оседания хлопьев, из каждого цилиндра отбирали пробу воды из его средней части, не взмучивая осадок.

7. В пробе отобранной (обработанной) воды также определяли величину pH, содержание общего фосфора, по которому затем вычисляли эффект очистки:

$$\Xi = \frac{M_{исх} - M_k}{M_{исх}} \cdot 100\% \quad , \quad \% \quad (2)$$

где:  $M_{исх}$  и  $M_k$  – исходные и конечные концентрации загрязнений, мг/л;

Первая точка дозирования реагента была определена перед первичными отстойниками, поэтому была отобрана проба сточной воды после песколовок с учётом отстаивания в течении 1,5 ч для максимального приближения к реальным условиям.

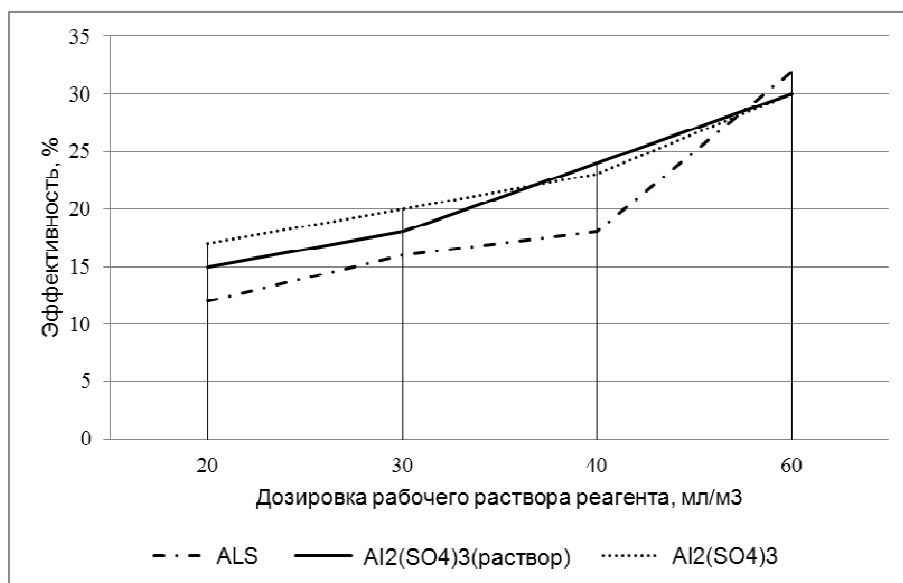
Вторая точка дозирования была определена перед контактными резервуарами, проба сточной воды отбиралась после вторичных отстойников. Время отстаивания принималось за 0,5 ч.

Исходная концентрация общего фосфора перед первичными отстойниками составляла 6, до контактных резервуаров – 3,5 мг/дм<sup>3</sup>.

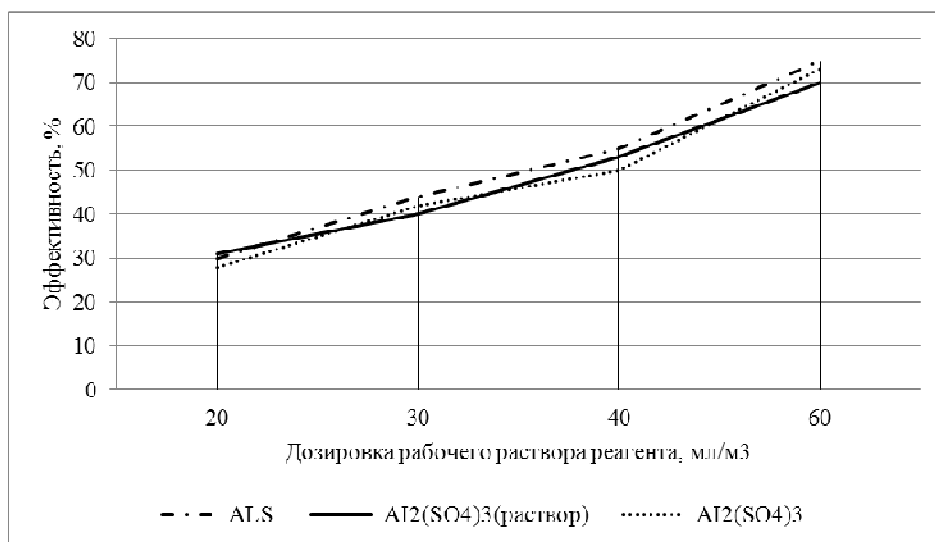
## Результаты и их обсуждение

Результаты исследований по эффективности удаления фосфора с использованием алюмосодержащих коагулянтов при отборе сточной воды после песколовок и контактными резервуарами представлены на рисунках 1-2.

Анализ результатов опытов показывает практически одинаковую эффективность рассматриваемых реагентов различных предприятий изготовителей и поставщиков. Остаточные концентрации общего фосфора при дозе реагента 60 мг/л не превышали после первичных отстойников - 2,5, а после контактных резервуаров – 0,5 мг/л, что ниже, чем его нормируемое значение по ТКП [7] и Спецводопользованию для станции аэрации г. Витебска.



**Рисунок 1** – Эффективность удаления общего фосфора при использовании алюмосодержащих коагулянтов перед первичными отстойниками



**Рисунок 2** – Эффективность удаления общего фосфора при использовании алюмосодержащих коагулянтов перед контактными резервуарами

В таблице 2 представлены расчетные значения по потребности реагентов (готовой продукции) в сутки при достижении разных остаточных концентраций общего фосфора.

**Таблица 2 – Потребность реагентов (готовой продукции) в сутки при достижении остаточных концентраций общего фосфора**

№ п/п	Производитель	Реагенты, условные обозначения	Потребность реагента (готовой продукции) в сутки при расходе сточных вод 80 000 м <sup>3</sup> и достижения остаточных концентраций общего фосфора, мг/л		
			3,5-2,0	3,5-1,5	1,5-0,5
	СП «КСАНТ»ООО РБ,г.Гомель	Алюминия сульфат технический очищенный, сорт высший ГОСТ 12966-85	Применение нецелесообразно. (дополнительное оборудование, охрана труда)		
	СП «КСАНТ»ООО РБ,г.Гомель	Алюминия сульфат-раствор ТУ ВУ400258949.003-2005	3,7 м <sup>3</sup> 4,8 тонн	4,98м <sup>3</sup> 6,5 тонн	13,2м <sup>3</sup> 17,1тонн
	КЕМИПОЛ (ЧТУП«ВЕГЛОСТАЛ»)	Водный раствор сернокислого алюминия ALS	3,6м <sup>3</sup> 4,7тонн	4,86м <sup>3</sup> 6,4тонн	12,8м <sup>3</sup> 16,8тонн

**Примечание:**

1. В таблице представлены данные по снижению общего фосфора после вторичных отстойников с 3,5 и ниже в мг/дм<sup>3</sup> (что соответствует временному разрешению на Спецводопользование).
2. Предусмотрена точка ввода перед контактными резервуарами.
3. Результаты получены лабораторным путём и могут отличаться от потребности применения реагента в производственных условиях.

**Заключение**

Эффективность удаления фосфора из сточных вод не зависит от различных поставщиков и изготовителей реагента сернокислого алюминия.

Окончательный выбор поставщика сернокислого алюминия необходимо определять с учетом предлагаемой стоимости реагента и способа его доставки на станцию аэрации г. Витебска.

**Список литературы**

1. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод в сооружениях с аэротенками. – М.: Акварос, 2003.
2. Долина, Л.Ф. Очистка сточных вод от биогенных элементов. Монография. – Днепропетровск : Континент, 2011.
3. Ющенко, В.Д., Куприянич, Т.С., Галузо, А.В. Особенности изменения количества и состава сточных вод, поступающих в очистные сооружения г. Витебска. Сб. материалов IV -й МНПК «Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания». – Брест, 2013.
4. Мишуков, Б.Г., Соловьёва, Е.А. Удаление азота и фосфора в очистных сооружениях канализации // Приложение к журналу «Вода и экология. Проблемы и решения» – СПб : ЗАО «Водопроект-Гидрокоммунводоканал», 2004.
5. Ющенко, В.Д., Галузо, А.В. Характеристика и выбор реагентов для удаления соединений фосфора из сточных вод. – Вестник ПГУ. – №16. Серия F. Строительство. – 2015. Новополоцк.
6. Ющенко, В.Д., Галузо, А.В., Куприянич, Т.С. Анализ работы сооружений для удаления соединений фосфора из сточных вод на станции аэрации города Витебска. – Вестник ПГУ. – №3. Серия В. Промышленность, прикладные науки. – 2015. Новополоцк.
7. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод. ТКП 17.06-08-2012(02120). – Минск : РУП ЦНИИКИВР, 2012.
8. Хенце, М., Армоэс, П., Ля-Кур-Янсен И., Арван, Э. Очистка сточных вод, биологические и химические процессы: Пер. с англ. – М. : Мир, 2009.