

Рис. 2. Сравнение концентраций аммонийного азота в очищенных сточных водах в 1997 году (А – система углубленной аэрации, Б – система поверхностной аэрации)

считают, что технология, предложенная к применению на очистной станции в Белостоке, является упрощением интегрированного процесса биологического удаления органических соединений вместе с избытком биогенных соединений. Вызывает критические замечания также изменение системы поверхностной аэрации на систему пневматической аэрации ввиду непригодной для данной системы конструкции аэротенков. Неудачными оказались расчеты, содержащиеся в «Анализе целесообразности изменения технологии биологической очистки

стоков», определяющие период возврата средств, вложенных в модернизацию, за счет экономии электроэнергии, от 2 до 5 лет.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Serafin M., Tabernacki J. Biochemiczne usuwanie azotu i fosforu ze ścieków w świetle doświadczeń duńskich, gaz, woda i technika sanitarna 9/92.
2. Dymaczewski Z., Oleszkiewicz J.A., Sozański M.M. Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków, pziś, poznań, 1997.

Материал поступил в редакцию 17.03.08

#### BRYLKA E., MAGREL L., STOROZUK N.Y. The items of information on operation of systems of superficial and pneumatic aeration on an example of sewer clearing station of city Belostock

The items of information on modernization of system of aeration of structures of biological clearing at clearing sewer station Belostock are given. The comparison of efficiency of removal of organic connections and biological elements in аэротенках with pneumatic and superficial aeration is given.

УДК 628.162

Житенев Б.Н., Науменко Л.Е.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ РЕАГЕНТАМИ-ОСАДИТЕЛЯМИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

### ВВЕДЕНИЕ

При эксплуатации станций обезжелезивания от 2,5..5,0 до 10,0 % очищенной воды расходуется на промывку фильтров. Промывная вода после регенерации загрязнена соединениями железа, взвешенными веществами и имеет повышенную цветность.

Наиболее рациональным способом удаления промывных вод является их повторное использование [1, 2]. Однако при эксплуатации сооружений повторного использования из-за недостаточной эффективности гравитационного осветления возникают трудности в работе станции обезжелезивания: уменьшается фильтроцикл, ухудшается качество фильтрата, увеличивается расход воды на собственные нужды станции. Поэтому отказываются от использования оборота промывных вод, и высококонцентрированные железосодержащие воды сбрасываются в водные объекты, складки рельефа, загрязняя окружающую среду, или направляются для очистки на канализационные очистные сооружения населенного пункта.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

На кафедре водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения УО «Брестский государственный технический университет» разработана технология обработки промывных вод и утилизации образующихся осадков [3, 4]. Сущность технологии заключается в осаждении соединений железа коагулянтами и реагентом-осадителем фосфатом натрия  $Na_3PO_4$ .

Эффективность использования данной технологии подтвержден полупроизводственными испытаниями на водозаборе № 4 «Западный» г. Бреста. На станции обезжелезивания расположены 4 открытых скорых фильтра с центральным сборным каналом, прямоугольные в плане с размерами 6,0×6,5 м. Регенерация фильтрующей загрузки (гранитный щебень) осуществляется водовоздушной промывкой. Вода на промывку подается из водонапорной башни, объем которой составляет 500 м<sup>3</sup>, объем воды на промывку одного филь-

Житенев Борис Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения УО «Брестский государственный технический университет».

Науменко Людмила Евгеньевна, ассистент кафедры водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения УО «Брестский государственный технический университет».

ул. Московская, 267, УО БрГТУ, 224017, г. Брест, Беларусь, e-mail: gitenev@tut.by, lesheina@mail.ru

тра составляет 465 м<sup>3</sup>. Показатели качества промывных вод представлены в таблице 1.

**Таблица 1.** Показатели качества промывных вод, образующихся на водозаборе №4 "Западный"

Показатели	Ед.изм.	Величина
Железо общее ( $Fe^{2+} + Fe^{3+}$ )	мг/л	150,0...200,0
Температура	°С	7...10
Цветность	град.	свыше 100
Содержание взвешенных веществ	мг/л	500...800
Жесткость общая	мг-экв/л	4,2...4,8
Щелочность общая	мг-экв/л	4,6...4,8
pH	ед. pH	7,4...8,0
$Ca^{2+}$	мг-экв/л	3,7...3,9
$Mg^{2+}$	мг-экв/л	0,5...0,9
Eh	В	0,155...0,230

При проведении полупроизводственных испытаний исследовалось влияние дозы сульфата алюминия, фосфата натрия и продолжительности отстаивания на процесс очистки промывной воды станции обезжелезивания. Испытания проводились в двух вертикальных металлических емкостях (D=0,43 м, H=0,7 м) объемом 100 л каждая.

В течение промывки емкости равномерно заполнялись промывной водой так, чтобы концентрация железа в обеих емкостях была одинакова. Далее промывная вода в одной из емкостей обрабатывалась 5%-ным раствором  $Na_3PO_4$  и через 30...60 с 10%-ным раствором  $Al_2(SO_4)_3$ . Время отстаивания промывных вод в обеих емкостях принято 4ч, в течение которых в соответствии с СТБ ГОСТ Р 51592 – 2001 "Вода. Общие требования к отбору проб" отбирались пробы промывной воды из емкостей при использовании реагентов-осадителей и без него спустя 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 мин отстаивания.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

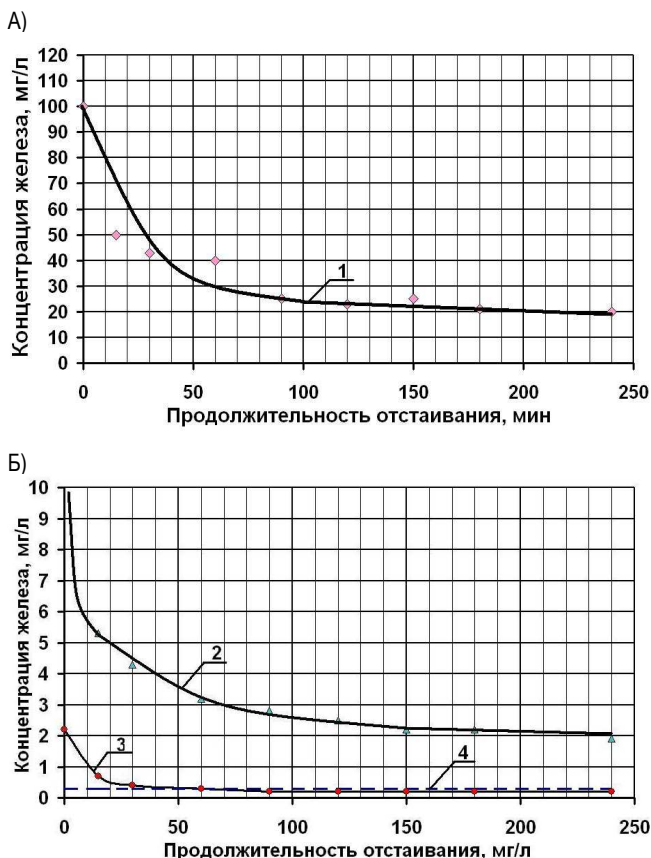
В лаборатории водопровода Брестского КУП ВКХ "ВОДОКАНАЛ" определялась остаточная концентрация железа в промывных водах после отстаивания и после фильтрования. В таблице 2 представлены данные по остаточному содержанию железа при различном времени отстаивания при обработке реагентами и после фильтрования через бумажный фильтр (синяя лента) и при безреагентном отстаивании. На основании таблицы 2 построены графики зависимости остаточной концентрации железа от времени отстаивания (рисунок 1-А, 1-Б).

**Таблица 2.** Результаты экспериментальных исследований в производственных условиях, характеризующие зависимость остаточной концентрации железа от времени отстаивания промывных вод

Продолжительность отстаивания, мин	Фактическое значение концентрации железа ( $Fe^{2+}+Fe^{3+}$ ), мг/л		
	гравитационное отстаивание	реагентное осаждение	
		после отстаивания	после фильтрования
0	100,0	100,0	2,2
15	50,0	2,3	0,7
30	43,0	4,3	0,4
60	40,0	3,2	0,3
90	25,0	2,8	0,2
120	23,0	2,5	0,2
150	25,0	2,2	0,2
180	21,0	2,2	0,2
240	20,0	1,9	0,2

Как видно из рисунка 1-А, безреагентное осветление (кривая 1) малоэффективно, так как остаточная концентрация железа составляет 25,0 мг/л и 20,0 мг/л при 2-х и 4-х часовом отстаивании соответственно при исходной концентрации железа 100 мг/л. Подача осветленной промывной воды с высокой концентрацией железа, которое

находится в коллоидном состоянии в виде  $Fe(OH)_3$ , в "голову" сооружений для последующей обработки с исходной водой, поступающей на водоочистную станцию, негативно скажется на эксплуатации станции обезжелезивания.



**Рис. 1.** Зависимость остаточной концентрации железа от времени отстаивания при безреагентном отстаивании промывных вод и при использовании реагентов-осадителей 1 – при безреагентном отстаивании; 2 – при обработке реагентами-осадителями ( $D_{Al_2(SO_4)_3} = 70$  мг / л,  $D_{Na_3PO_4} = 50$  мг / л); 2 – при реагентном осветлении после фильтрования; 3 – норма СанПиН 10-124-РБ-99 "Вода питьевая"

На рисунке 1-Б представлена зависимость остаточной концентрации железа от времени отстаивания при обработке промывной воды реагентами-осадителями фосфатом натрия  $Na_3PO_4$  и сульфатом алюминия  $Al_2(SO_4)_3$  (кривая 2). При 4-х часовом отстаивании остаточная концентрация железа составляет 2,0 мг/л, в то время как после фильтрования железа оставалось менее 0,3 мг/л при отстаивании в течение 1 ч и более (кривая 3). Для сравнения на рисунке 1-Б представлена прямая 4, соответствующая требуемому значению содержания железа по СанПиН 10-124 РБ 99 "Вода питьевая". Показатели качества воды после очистки представлены в таблице 3.

Результаты производственных испытаний подтвердили экспериментальные данные по реагентному доосаждению соединений железа из промывных вод, полученные в лабораториях УО "Брестский государственный технический университет". Результаты исследований позволили определить состав сооружений повторного использования промывных вод станций обезжелезивания. На рисунке 2 представлена технологическая схема обработки промывных вод реагентами-осадителями.

Согласно данным рисунка 1-Б и таблицы 2 продолжительность отстаивания может быть снижена до 120 мин, дозы реагентов следует уточнять пробными испытаниями. После отстаивания очищенную промывную воду рекомендуется направлять на барьерный механический фильтр, после чего вода может использоваться на хозяйственно-питьевые нужды или направляться в водонапорную башню промывных вод для последующего использования. Осадок,

Таблица 3. Исследование состава воды после обработки реагентом-осадителем фосфатом натрия и коагулянтом сульфатом алюминия

Показатель	После отстаивания в течение 4 ч	После фильтрования	Требования СанПиН
Концентрация железа, мг/л	1,5...2,0	0,1...0,2	0,3
Взвешенные вещества, мг/л	1,5...3,0	-	1,5...2,0
Цветность, град	менее 20	менее 20	20
Жесткость, мг-экв/л	4,2	3,6...4,0	-
Щелочность, мг-экв/л	3,3	3,6	-
pH	7,5...8	7,5...8	6...9
Окислительно-восстановительный потенциал системы, Eh, В	0,228	0,244	-
Перманганатная окисляемость, мг-О <sub>2</sub> /л	4,5...5,5	4,5...5,0	5,0
Остаточное содержание фосфатов, мг/л	1,0...1,5	1,0...1,5	менее 3,5
Остаточное содержание алюминия, мг/л	0,2...0,4	0,2...0,4	менее 0,5

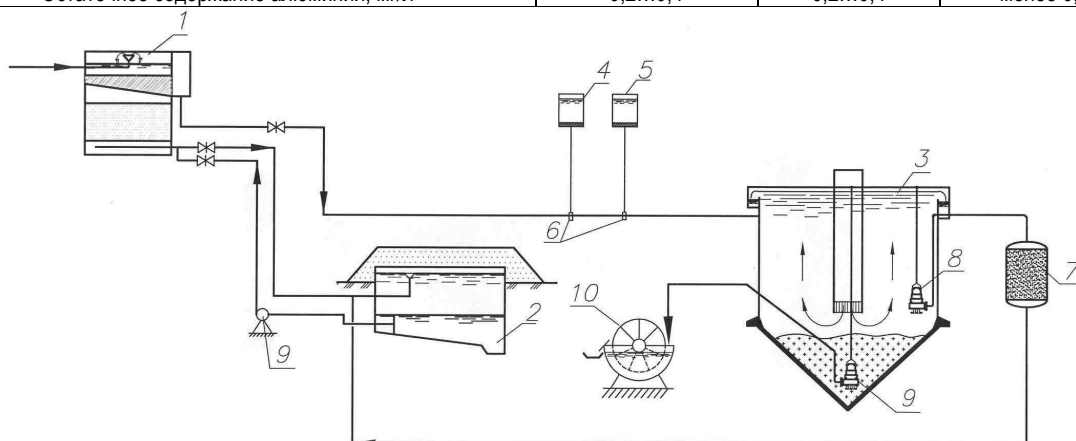


Рис. 2. Технологическая схема очистки промывных вод реагентами-осадителями с использованием резервуара-отстойника  
 1 – фильтр обезжелезивания; 2 – резервуар чистой воды; 3 – отстойник промывных вод; 4, 5 – сооружения реагентного хозяйства коагулянта и реагента-осадителя фосфата натрия; 6 – смесительные устройства; 7 – барьерный механический фильтр; 8 – погружной насос подачи осветленной воды на доочистку на барьерный фильтр; 9 – погружной насос перекачки осадка на обезвоживание; 10 – сооружения механического обезвоживания (вакуум-фильтр)

образующийся при очистке промывных вод реагентами фосфатом натрия  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  и сульфатом алюминия  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  хорошо уплотняется и отдает воду, поэтому в схеме (рис. 2) для его обезвоживания предусмотрен вакуум-фильтр.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод очистки промывных вод станций обезжелезивания подземных вод от соединений железа реагентами-осадителями  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  является высокоэффективным устройством и может применяться как при новом строительстве, так и при реконструкции существующих сооружений. При использовании рекомендуемой технологии уменьшатся строительные объемы и энергозатраты на эксплуатацию, снизится себестоимость отпускаемой потребителю воды и сократится загрязнение водных объектов соединениями железа.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНиП 2.04.02 – 84 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения". – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
2. Румянцев Л.П. Брызгальные установки для обезжелезивания воды. – М., Стройиздат, 1973. – 104 с.
3. Пат. 1724 ВУ, МПК C02F 1/54. Устройство для обработки промывных вод станций обезжелезивания / Житенев Б.Н., Шеина Л.Е. – № u20040230; Заявл. 10.05.2004; Опубл. 30.12.2004 / Гос. реестр полезн. моделей.
4. Пат. 3759 ВУ, МПК C02F 1/54, C02F 3/00. Устройство для очистки и повторного использования промывных вод станций обезжелезивания / Житенев Б.Н., Науменко Л.Е. – № u20070073; Заявл. 01.02.2007; Опубл. 30.08.2007 / Гос. реестр полезн. моделей.

Материал поступил в редакцию 06.02.08

### GITENEV B.N., NAUMENKO L.E. Results of testing a technology of the treatment of backwash waters of the stations of iron removal by reagents in factory conditions

Results of testing a technology of the treatment of backwash waters of the station of iron removal № 4 in Brest by reagents are described. New developed and patented technology of the treatment of backwash waters formed on the station of iron removal allows to prevent the pollution of natural resources, to reduce the consumption of raw water on own necessities.

УДК 628.162.1

Житенёв Б.Н., Науменко Л.Е.

## К РАСЧЕТУ МЕХАНИЧЕСКИХ СМЕСИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

### ВВЕДЕНИЕ

В системах очистки природных и сточных вод широкое применение находят методы улучшения качества воды с использованием

реагентов. В частности коагулирование является в настоящее время одним из важнейших технологических приемов изменения агрегативного состояния примесей воды. Эффективность этого процесса в