

По совокупности вышеизложенного, очевидно, что разумнее было бы отказываться от практики установки «спящих полицейских» и заменять их грамотной установкой светофоров; а в тех местах, где установка искусственных неровностей необходима, использовать автоматические «спящие полицейские». Конечно, это будет требовать определенных финансовых затрат, но, тем не менее, ущерб окружающей среде «спящими полицейскими» наносится немалый, хотя даже он – ничто, по сравнению с непоправимым вредом нашему здоровью.

#### **Список цитированных источников**

1. Интернет-портал "onliner" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.onliner.by/>. – Дата доступа: 04.03.2018.
2. Искусственные неровности на автомобильных дорогах и улицах. Технические требования и правила применения: СТБ 1538-2005. – Минск: НП РУП "Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации (БелГИСС)", 2005. – 7 с.
3. Врубель, Ю.А. Экологическая безопасность автомобилей / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. – Электрон. текстовые дан. – Москва : Новое знание, 2013. – 243 с.
4. Информационный портал "Первый" [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://carrent.by/>. – Дата доступа: 05.03.2018.
5. Сайт WSE.BY [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wse.by/>. – Дата доступа: 14.03.2018.
6. Лебедь, Е. Ученые о «спящих полицейских»: вредные выбросы увеличиваются в 12 раз. / Вечерний Гродно. – 2014.
7. Информационный портал "ГосВопрос" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gosvopros.ru/>. – Дата доступа: 05.03.2018.
8. Автомобильный форум "AUTOGRODNO.BY" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://autogrodno.by/>. – Дата доступа: 14.03.2018.
9. Официальный сайт управления внутренних дел Минского облисполкома [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uvd-mo.gov.by/>. – Дата доступа: 14.03.2018.

УДК 628.161.2:546.72

*Сенчук М. М.*

*Научные руководители: Белов С. Г.; Наумчик Г. О.*

### **РАЗРАБОТКА МЕТОДА УДАЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА, СОДЕРЖАЩЕГОСЯ В КОЛЛОИДНОЙ ФОРМЕ, ИЗ ВОДЫ ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА ВЕЛИЧКОВИЧИ**

Целью данной работы является проведение опытов по обезжелезиванию воды с использованием метода озонирования и метода реагентной коагуляции.

#### **Обезжелезивание воды с использованием метода озонирования**

На первом этапе было сделано предположение, что железо в питьевой воде города Величковичи находится в форме комплексных соединений с органическими веществами, которые проявляют повышенную устойчивость к окислению кислородом воздуха в условиях упрощенной аэрации. Поэтому процесс обезжелезивания данной воды в рамках существующей технологической схемы не дает необходимых результатов. Для решения данной проблемы было предложено использовать окисление железоорганических комплексов озоном, являющимся более сильным окислителем, чем кислород воздуха.

Однако опыты по обезжелезиванию полученных проб, выполненные с применением предварительного озонирования с последующим фильтрованием, показали, что данная обработка также не приводит к требуемому снижению

концентрации железа. Например, при обычной аэрации и последующем фильтровании остаточная концентрация железа составляла 4,2 мг/л (снижалась по сравнению с исходной всего на 0,7 мг/л), а при введении дозы озона 5 и 10 мг/л и последующем фильтровании остаточная концентрация железа в исследуемой воде составляла 4,1 и 3,9 мг/л соответственно. Результаты данных опытов представлены на рисунке 1 первыми точками графиков, соответствующими нулевой дозе коагулянта.

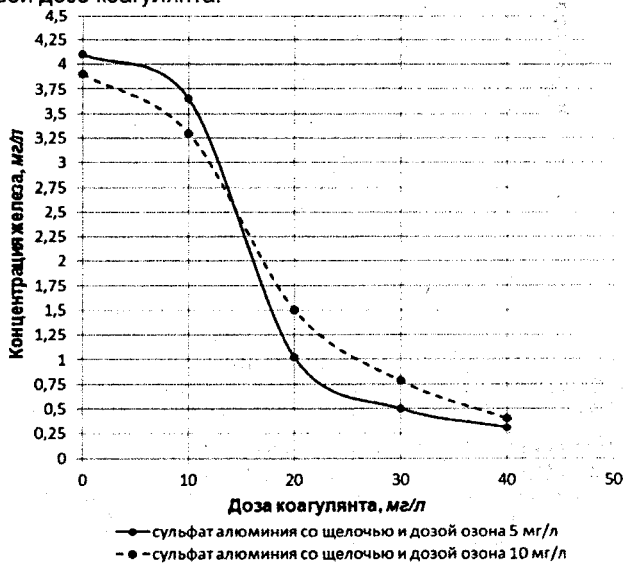
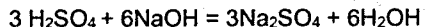
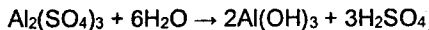


Рисунок 1 — Зависимость концентрации железа от дозы коагулянта в опытах с предварительным озонированием

Данные, представленные на рисунке 1, показывают, что необходимый результат достигался при дозе коагулянта 40 мг/л и предварительном озонировании дозой 5 мг/л. Увеличение дозы озона до 10 мг/л давало отрицательный эффект.

#### **Обезжелезивание воды с использованием метода реагентной коагуляции**

Данная методика подразумевает введение такого количества щелочи, которое достаточно для нейтрализации кислоты, образующейся в результате гидролиза коагулянта:



В качестве коагулянта в данной серии опытов использовался раствор сульфата алюминия в концентрации 2,5 г/л (по безводному веществу), а в качестве щелочного агента — 0,1 н раствор гидроксида натрия. Исследовался диапазон доз коагулянта до 40 мг/л, поскольку более высокие значения доз коагулянта экономически неэффективны.

Результаты опытов при одновременном введении коагулянта и щелочи по стехиометрии показывают, что даже при максимальной примененной дозе 40 мг/л остаточная концентрация железа (0,65 мг/л) значительно превышала предельно допустимую концентрацию (0,3 мг/л).

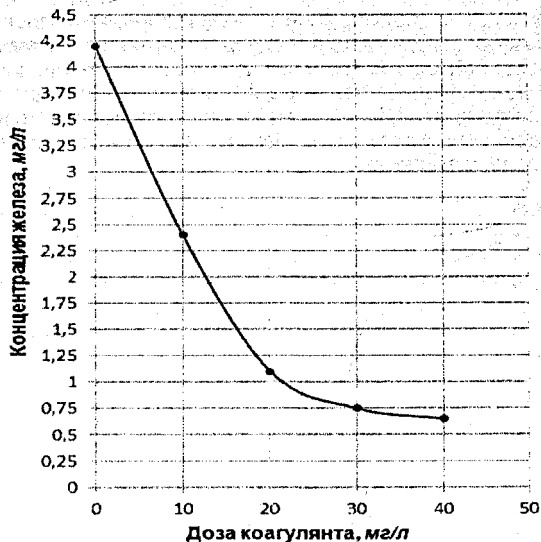


Рисунок 2 — Остаточная концентрация железа в обработанной воде в зависимости от дозы сульфата алюминия при введении щелочи по стехиометрии

В следующей серии опытов было принято решение увеличить дозу щелочи. Однако согласно СанПиН 10-124 РБ 99, рН питьевой воды должна находиться в пределах 6,5...8,5. Полученные данные представлены на рисунке 2а.

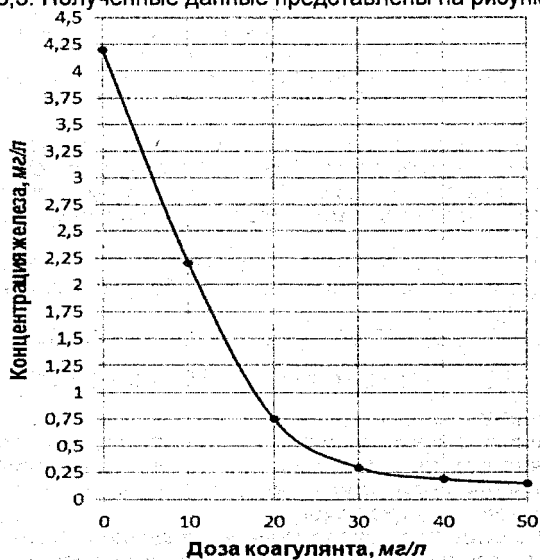


Рисунок 2а — Остаточная концентрация железа в обработанной воде в зависимости от дозы сульфата алюминия при одновременном добавлении щелочи до pH 8

Результаты, полученные при одновременном добавлении щелочи до pH 8, оказались значимыми, т. е., начиная с дозы коагулянта 30 мг/л, остаточная концентрация железа в обработанной воде не превышала предельно допустимого значения 0,3 мг/л. Более высокая доза коагулянта позволяет еще больше снизить остаточную концентрацию железа, однако с точки зрения экономичности процесса это является нерациональным, поскольку требует как большего расхода коагулянта, так и большего расхода щелочи.

При классическом использовании реагентной коагуляции в качестве метода очистки, как правило, ее интенсифицируют введением флокулянта. Наиболее распространенным и относительно недорогостоящим является полиакриламид (ПАА). Данный флокулянт проявляет высокую эффективность при дозах от 0,5 до 2 мг/л. Согласно СанПиН 10-124 РБ 99 предельно допустимая концентрация ПАА в питьевой воде составляет 1 мг/л.

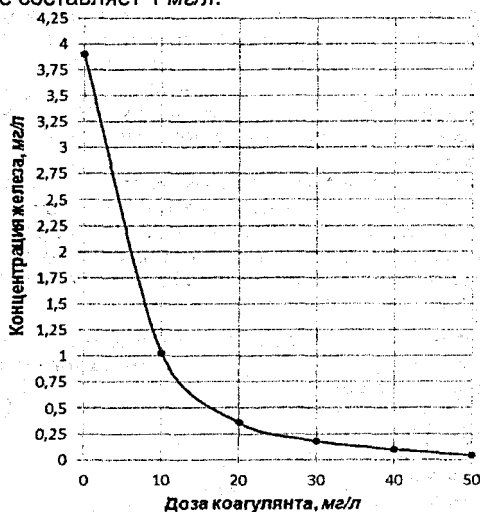


Рисунок 3 — Остаточная концентрация железа в обработанной воде в зависимости от дозы сульфата алюминия при одновременном добавлении щелочи и флокулянта

Добавление флокулянта улучшает процесс очистки методом реагентной коагуляции. Так, при дозе сульфата алюминия 30 мг/л уже уверенно достигался требуемый эффект очистки — остаточная концентрация железа составляла 0,18 мг/л.

Выполненные исследования показали, что применение озона без использования коагулянта практически не дает эффекта. При совместном введении и коагулянта эффект очистки значительно улучшается, но остаточная концентрация железа 0,3 мг/л достигается при высокой дозе коагулянта. Поэтому в дальнейшем исследование выполнялось в направлении выявления наиболее эффективных доз различных коагулянтов (сульфата алюминия и сульфата железа (III)) в сочетании с другими факторами, такими как pH и введение флокулянта. Наиболее эффективными вариантами среди выполненных сочетаний являлись одновременное применение коагулянта сульфата алюминия с добавлением гидроксида натрия до pH 8 и введением флокулянта ПАА в количестве 1 мг/л. Данное сочетание при дозе коагулянта 50 мг/л позволило достичь остаточной концентрации железа в исследуемой воде 0,04 мг/л, что соответствует не только нормам СанПиН, но также значительно ниже требований, предъявляемых к воде.