

## Раздел 2. Технологии производства и аппаратное оформление новых пищевых продуктов

УДК 66.067.1

### ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В.О. Буравлев, Е.В. Кондратюк, А.В. Кондратюк, Л.Ф. Комарова

*В работе предлагаются способы очистки воды от соединений железа и марганца с помощью известных фильтрующих материалов и новых волокнистых сорбентов-катализаторов. Описаны технологические решения для водоподготовки пищевых предприятий.*

*Ключевые слова: водоподготовка, пищевая промышленность, волокнистые сорбенты, катализаторы, окисление железа и марганца.*

На сегодняшний день пищевая промышленность в России является одной из самых динамично развивающихся отраслей. Постоянное усовершенствование технологий предъявляет все большие требования к качеству сырья, в том числе и воде, которая используется практически во всех технологических циклах: от мойки оборудования до приготовления продукции. Например, производство водки регламентируется достаточно «жесткими» нормами технических инструкций ТИ-10-04-03-09-88, а пива и безалкогольных напитков ТИ-10-5031536-73-10, в большинстве же случаев необходимо обеспечить соответствие воды СанПиН 2.1.4.1074-01 «Вода питьевая». Вода, используемая для бытовых и технологических нужд в молочной промышленности, связанных с производством продукции (в том числе приготовление моющих и дезинфицирующих растворов, мойка и ополаскивание оборудования, молочных цистерн, трубопроводов, фляг и бутылок, охлаждение детских молочных продуктов в автоклавах, приготовление технологического пара), должна соответствовать требованиям действующего ГОСТа «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством».

Наиболее распространенным источником водоснабжения пищевых производств являются артезианские скважины. Подземные воды имеют большую защищенность от антропогенных воздействий, нежели поверхностные. Основным недостатком является нестабильность химического состава, в частности, значительные превышения содержания в них ионов железа и марганца, соединения которых негативно влияют на весь технологический цикл производства, начиная от образования трудноудаляемых отложений на теплообменной аппаратуре, до выпадения осадков в напитках.

Валентное состояние ионов железа и марганца в воде можно представить с помощью диаграммы Пурбэ (рисунок 1), из которой видно, что с увеличением pH среды понижается барьер электронного потенциала воды, необходимого для окисления этих соединений.

Принцип удаления соединений железа и марганца из воды состоит в повышении электронного потенциала воды до необходимого уровня или увеличения pH воды, при котором они переходят в нерастворимую форму (коллоидные гидроксиды  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  и  $\text{Mn}(\text{OH})_4$ ). Указанный принцип удаления можно реализовать несколькими способами:

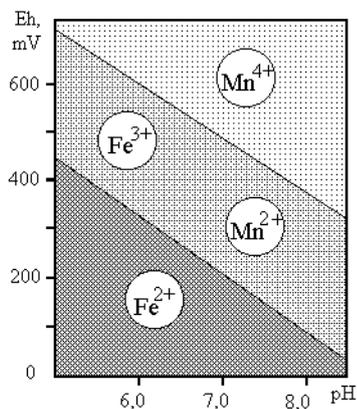


Рисунок 1 – Диаграмма Пурбэ

- 1) насыщение кислородом воздуха очищаемой воды, с одновременной отдувкой сероводорода и углекислого газа;
- 2) использование окислителя ( $\text{O}_3$ ,  $\text{NaClO}$ ,  $\text{KMnO}_4$ );
- 3) использование подщелачивания ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ );
- 4) использование каталитических материалов, снижающих уровень электронного

## ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

потенциала необходимого для проведения реакций окисления железа и марганца.

В настоящее время классическое решение для очистки воды от ионов железа и марганца – это фильтрация через каталитические активные зернистые загрузки, засыпанные в стеклопластиковые танки, в сочетании с другими способами повышения электронного потенциала системы.

Наибольшее распространение на сегодня получил материал «Birm<sup>®</sup>» (Clock Co., U.S.A.). Проведенные нами исследования показали, что ИК-спектры «Birm<sup>®</sup>» и природного цеолита (Саркинское месторождение, Украина), практически идентичны, исходя из этого можно предположить, что технология производства «Birm<sup>®</sup>» включает в себя гранулирование активированной диоксидами марганца цеолитовой пыли или фракций менее 0,2 мм. Главным преимуществом данного материала перед другими зернистыми загрузками с нанесенной оксидной пленкой является то, что при его регенерации происходит одновременное истирание поверхности частиц и удаление накопленных загрязнений, но так как каталитический слой располагается по всему объему зерна, то это не приводит к ухудшению его свойств. Внешний вид стеклопластиковых танков и материала «Birm<sup>®</sup>» представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Стеклопластиковые танки (а), фильтрующий материал «Birm<sup>®</sup>» (б)

Как говорилось выше, при эксплуатации зернистых загрузок происходит их интенсивное истирание, вследствие этого уменьшается количество материала в фильтре, поэтому его периодически необходимо подсыпать, что не всегда возможно с точки зрения технологии, к тому же постоянный унос частиц сорбента приводит к выходу из строя дренажных систем и приборов автоматики. Еще одним недостатком зернистых фильтрующих сред

является их небольшая динамическая сорбционная емкость (до 0,8 г/л), т.е. окисленные коллоидные соединения железа и марганца могут проникать со временем по каналам, образованным зернами загрузки. Для обеспечения скоростей фильтрования на уровне 10-12 м/ч необходимо обеспечить высоту зернистой каталитической загрузки не менее 0,75 м.

Альтернативным вариантом технологии очистки воды является ее фильтрация через каталитически активные фильтрующие материалы. Одним из таких материалов является «Бентосорб» (ООО «НПО АкваТех») [1, 2]. Данный материал обладает как ионообменными, так и сорбционными свойствами, включает в себя комбинацию базальтовых волокон и активированных бентонитовых глин.

Другим направлением развития волокнистых сорбентов является нанесение каталитических пленок из оксидов марганца [3].

Как показали проведенные исследования гидродинамики волокнистых сорбентов [4], наиболее эффективным устройством для их применения является патронный фильтр, с радиальным способом фильтрации.

К преимуществам волокнистых сорбентов на основе базальта стоит отнести:

- 1) большую удельную поверхность базальтовых волокон;
- 2) размер поровых каналов загрузки порядка 0,5-3 мкм;
- 3) возможность регенерации обратной промывкой (без взрыхления).

В экспериментальной части исследования важно отметить то, что разработка новых технологий невозможно без их апробации на реальных объектах, поэтому кафедра ХТИЭ АлтГТУ проводит свои исследования и внедрения совместно с компанией ООО «НПО АкваТех».

Очистка воды от соединений железа и марганца с применением волокнистых сорбентов может быть организована двумя способами. На рисунке 3 представлена система очистки воды «Алтай-0,5» [5] (ООО «НПО АкваТех»), установленная на предприятии ООО «Алтайский кондитер». Артезианская вода характеризовалась следующими показателями: железо – 6,8 мг/л, марганец – 0,14 мг/л, сероводород – 4 балла, pH – 6,8.

Исходная вода подается в аэратор 1, затем в фильтры-обезжелезватели 2 с загруженным в них материалом «Birm», скорость фильтрованное в которых составляет 50 м/ч (паспортные значение 10-12 м/ч). В фильтрах 2 происходит каталитическое окисление ио-

нов железа и марганца в гидроксиды без осаждения их на загрузке. Задержание загрязнений осуществляется на радиальном картридже «Бентосорб-20», регенерация которого осуществляется кратковременной обратной промывкой. Такой фильтр-элемент может эксплуатироваться в течение 3 месяцев и затем подлежит замене.



Рисунок 3 – Установка очистки воды «Алтай»  
1 – аэратор, 2 – фильтр-обезжелезиватели,  
3 – модуль с «Бентосорбом»

Реализация рассмотренной системы очистки воды позволило:

- 1) уменьшить объем используемого фильтрующего материала в колоннах на 70 % по отношению к классической системе очистки;
- 2) увеличить время фильтроцикла для фильтров-обезжелезивателей в 3 раза;
- 3) сократить объем воды на регенерацию фильтров-обезжелезивателей в 5 раз.

В итоге качество воды на выходе из системы очистки соответствовало СанПиН 2.1.4.1074-01 «Вода питьевая».

Второй способ применения волокнистых сорбентов заключается в объединении стадий окисления и фильтрования в одном аппарате. В качестве каталитического сорбента используется материал на основе базальтовых волокон, с нанесенным на них слоем из оксидов марганца. Материал находится в фильтрующей колонне [6] в виде радиальных фильтр-патронов.

Предлагаемый способ очистки воды основан на технологии ультрафильтрации, но имеет ряд модификаций для повышения эффективности работы системы (рисунок 4).

Исходная вода из бака-аэратора 1 подается с помощью насоса 2 в фильтрующие колонны 3. До 75 % концентрата возвращается назад в исходную емкость. Удаление осад-

ка из бака происходит периодически по таймеру, добавление свежей воды – автоматически. Промывка фильтров осуществляется поочередно с помощью фильтрата одной из колон. При этом промывные воды удаляются в канализацию. Химическая очистка сорбента производится с помощью 0,5 % раствора щавелевой кислоты.

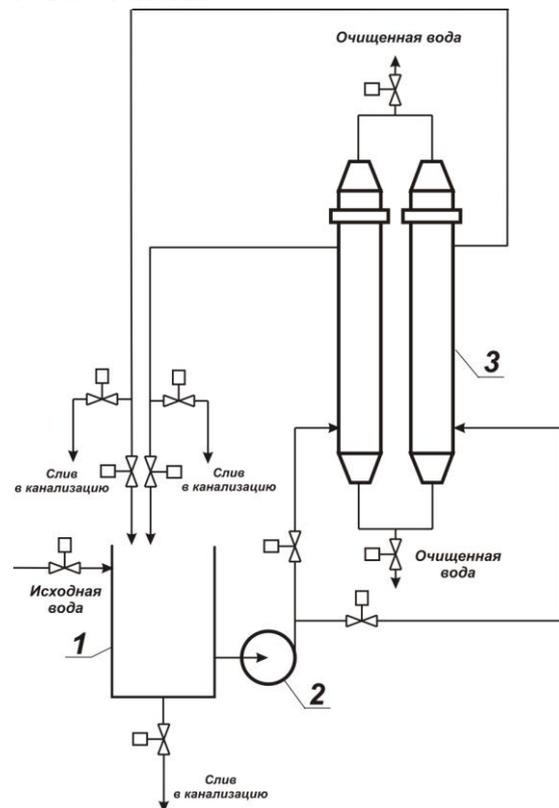


Рисунок 4 – Установка очистки воды «Ультра-К2»  
1 – аэратор, 2 – насос, 3 – фильтрующие модули.

Данный способ очистки воды имеет следующие преимущества:

- 1) движение жидкости в аппарате осуществляется тангенциально к фильтр-элементу;
- 2) проаэрированная вода окисляет ионы железа и марганца в воде преимущественно на поверхности фильтр-элементов, на первой границе контакта фаз;
- 3) микрометровый размер волокон матрицы сорбента позволяет задерживать коллоидные гидроксиды на внешних слоях;
- 4) частичный возврат концентрата позволяет создать дополнительную турбулизацию в баке-аэраторе 1 для более интенсивного окисления ионов железа и марганца;

## ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

5) возвращение части гидроксидов в бак-аэратор 1 увеличивает количество центров окисления ионов железа и марганца.

Таким образом, оба из предложенных способов очистки воды от железа и марганца имеют большие перспективы в области водоподготовки для предприятий пищевой промышленности.

Применение каталитического волокнистого сорбента на данный момент проходит тестовые испытания, перед его промышленным применением, определяются кинетические закономерности, величины фильтроцикла, отрабатывается режимы эксплуатации и регенерации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водоподготовка: Справочник. / Под ред. д.т.н. С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
2. Кондратюк Е.В. Новая сорбционная технология очистки воды на основе использования модифицированных базальтовых микроволоконистых материалов / Е.В. Кондратюк, Л.Ф. Комарова, В.О. Буравлев // журнал «Вода Magazine», – 2008. – №8 (12). – С. 36-38.
3. Пат. 2345834 Российской Федерация, МПК<sup>7</sup> В01J20/16, В01D39/06. Способ получения фильтровально-сорбционного материала / Кондратюк Е.В., Комарова Л.Ф., Лебедев И.А., Сомин В.А.; заявитель и патентообладатель Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова и Общество с ограниченной ответственностью "НПО Акватех" (ООО "НПО Акватех") – 2007128249/15; заявл. 23.07.2007; опубл. 10.02.2009.
4. Панасенко, А.В. Базальтовое волокно как матрица при создании новых фильтровально-сорбционных материалов для очистки артезиан-

ских вод / А.В. Панасенко, В.О. Буравлев, А.Ю. Лубнина, Е.В. Кондратюк // материалы конференции «В мире научных открытий». – 2010. – №4-15. – С. 14-15.

5. Буравлев, В.О. Оптимизация процесса водоочистки на новых сорбентах с матрицей из базальтовых микроволокон / В.О. Буравлев, А.В. Панасенко, Е.В. Кондратюк, Л.Ф. Комарова // журнал «Ползуновский вестник». – 2010. – №3. – С. 284-287.

6. Кондратюк Е.В. Фильтры для очистки загрязненных артезианских вод на основе модифицированных базальтовых волокон / Е.В. Кондратюк, Л.Ф. Комарова, В.О. Буравлев, А.В. Панасенко // журнал «Водоочистка, Водоподготовка, Водоснабжение». – 2011. – №3. – С.32-36.

7. Пат. 98937 Российской Федерация, МПК<sup>7</sup> В01D24/02. Напорный фильтр / Кондратюк Е.В., Буравлев В.О., Топчиев А.Г., Комарова Л.Ф.; заявитель и патентообладатель Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – № 2010120106/05; заявл. 19.05.2010; опубл. 10.11.2010, Бюл. № 4 (I ч.). – 35 с. : ил.

**Буравлев В.О.** аспирант каф. ХТИЭ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел. 8(3852) 24-55-19.

**Кондратюк Е.В.** к.т.н., доцент каф. ХТИЭ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел. сот. 8-913-228-72-68.

**Кондратюк А.В.** аспирант каф. ХТИЭ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел. 8(3852) 24-55-19.

**Комарова Л.Ф.** д.т.н., профессор, зав. каф. ХТИЭ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел. 8(3852) 24-55-19.