

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Качество питьевых подземных вод в сельских населенных пунктах Беларуси / Информационный бюллетень // БелНИЦ «Экология». – Мн. – 1997. – № 5(12). – 22 с.
2. Санитарные правила и нормы. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: СанПиН 10-124 РБ 99. – Минск: Минздрав РБ, 1999.
3. Состояние окружающей среды Республики Беларусь: нац. доклад / М-во природ. ресур. и окружающей среды Республики Беларусь, гос. науч. учр-е «Инс-т природопользования нац. Академии наук Беларуси» // Белтаможсервис. – Мн., 2010. – 150 с.
4. Экологический бюллетень. 2014 г. Редактор: В.Ф. Логинов, Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь. – Минск, 2015.
5. Исследование методов физико-химической очистки природных вод от нитратов / С.В. Андreyuk // Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Брест, 6–8 апреля 2016 г.: в 2-х ч. / УО «Брестский гос. технический ун-т»; под ред. А.А. Волчек [и др.]. – Брест, 2016. – Ч. II. – С. 159–163.
6. Водозаборный шахтный колодец: пат. 11081 ВУ, МПК E03B3/08 / Б.Н. Житенев, С.В. Андreyuk, Н.С. Житенева; заявитель Брестский гос. техн. ун-т. – № u20150330; заявл. 25.09.2015/ Гос. реестр полезн. моделей.

Материал поступил в редакцию 28.04.2016

ZHITENEV B.N., ANDREYUK S.V. Decrease in mass concentration of nitrates in water of mine wells for water supply

The article describes the characteristics of the modern state of the problem of nitrate contamination of groundwater in the regions of Belarus. The construction of the water intake can be used to supply the population of high-quality drinking-water, free of nitrates.

УДК 628.16.08/09

Житенёв Б.Н., Сук Е.В.

УДАЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗООРГАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ИЗ ВОДЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Введение. Наличие железа в природных водах связано с широким распространением этого элемента. Железо составляет 4,56 % массы всей земной коры. Именно поэтому избыточное железо присутствует повсеместно, охватывая почти все источники водоснабжения. Даже такие низкие концентрации, как 0,3–0,4 мг/дм³, могут вызвать появление пятен на сантехнике и ткани, брак в производстве. Более высокие концентрации придают воде характерный металлический привкус. При движении воды по трубам соединения железа осаждаются на стенках, что приводит к снижению площади живого сечения, увеличению гидравлического сопротивления и уменьшению срока эксплуатации. Для того чтобы обеспечить выполнение требований СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», требуется проводить очистку природной воды от соединений железа. Одной из причин, обуславливающих сложность решения этой проблемы, является многообразие форм существования соединений железа в природной воде. На территории Брестского региона расположены пять наиболее крупных болот и большие площади заболоченны, а болота являются основными источниками гуминовых веществ.

В подземных водах, имеющих подпитку из лесных озер и болот, металлы, в том числе и железо, могут находиться в составе прочных комплексов с гуминовыми кислотами и фульвокислотами.

При использовании традиционных технологических схем обезжелезивания – упрощенная (глубокая) аэрация – фильтрование, находящиеся в воде ионы железа могут окисляться до Fe³⁺, однако процессу гидролиза во многом мешают гуминовые кислоты, образующие с Fe³⁺ стабильную систему Fe-ГК, что делает данные методы обезжелезивания малоэффективными.

Анализ работ [1, 2, 3] показал, что соединения железа с гуминовыми веществами обладают низкой коагуляционной способностью из-за защитного действия органических веществ. Окисление такой воды кислородом и озоном приводит к окислению железа до трехвалентного состояния, которое остается в растворе и не коагулирует. Только при повышении pH начинается процесс коагуляции комплексов железа с гуминовыми веществами, что связано со снижением защитного действия органических веществ.



Крупнейшие болота Беларуси

Рисунок 1 – Карта крупнейших болот Беларуси

ЦЕЛЬЮ настоящей работы, является оценка влияния массовых концентраций (МК) коагулянта Al₂(SO₄)₃·18H₂O и флокулянта полиакриламида (ПАА) на процесс удаление железоорганических комплексов (ЖОК) воды при различных значениях активной реакции среды.

Исходные данные и методика исследований. В данной работе в качестве объекта исследования была выбрана вода из р. Мухавец, величина перманганатной окисляемости (12,8 мг O₂/дм³) и концентрации железа (2,6 мг/дм³) в которой указывают на наличие ЖОК.

Исследовалось влияние МК коагулянта Al₂(SO₄)₃·18H₂O, флокулянта ПАА и величины активной реакции среды на удаление гуматов и фульватов железа. Для сокращения количества экспериментов использовался метод ротатбельного центрального композиционного планирования. Основные характеристики плана приведены в таблице 1.

Сук Евгения Владимировна, магистрантка кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Таблица 1 – Основные характеристики плана эксперимента

Факторы	МК алюминия X1, мг/дм ³	МК ПАА X2, мг/дм ³	Активная реакция, pH, X3
Основной уровень	10	1,5	7
Интервал варьирования	5	0,5	1
Верхний уровень	15	2	8
Нижний уровень	5	1	6

МК алюминия и ПАА изменялась путем введения коагулянта $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, флокулянта [4]. Активная реакция среды регулировалась введением 0,1N растворов NaOH и HCl. МК железа определялась, после 30 минут отстаивания по стандартной методике ГОСТ 4011-72 «Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа» с применением сульфосалициловой кислоты. В качестве функции отклика принята остаточная МК железа связанного в органические комплексы, которая определялась по методике [5].

Процесс обезжелезивания исследовался с использованием спектрофотометра СФ-830 с кварцевой кюветой (с длиной оптического пути 10 мм). Анализировались спектры исследуемой воды до и после обработки с длиной волны 430 нм. По результатам спектрофотометрических исследований оценивался эффект снижения общей МК железа и МК железа связанного в органические комплексы.

Результаты исследования. После проведение трехфакторного ротационного эксперимента и обработки его результатов, было получено уравнение регрессии второго порядка, которое является экспериментально-статистической моделью процесса, все коэффициенты регрессии являются значимыми:

$$Y = 0,263 + 0,214 \cdot X_1 + 0,089 \cdot X_2 + 0,035 \cdot X_3 + 0,033 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,121 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,088 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,109 \cdot X_1^2 + 0,059 \cdot X_2^2 + 0,084 \cdot X_3^2$$

где Y – остаточная массовая концентрация железо-органических комплексов, мг/дм³;

X1 – массовая концентрация алюминия, мг/дм³;

X2 – массовая концентрация ПАА, мг/дм³;

X3 – активная реакция среды pH.

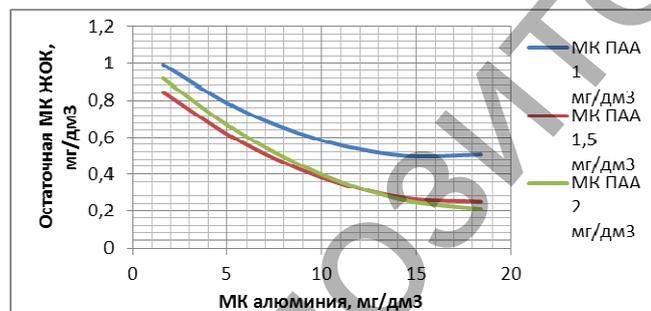


Рисунок 2 – Влияние МК алюминия на удаление ЖОК при различных МК ПАА и активной реакции среды равной 6

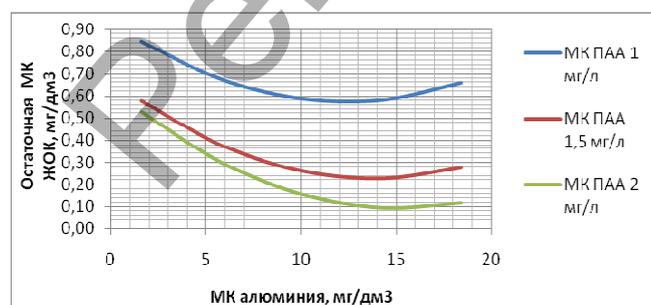


Рисунок 3 – Влияние МК алюминия на удаление ЖОК при различных МК ПАА и активной реакции среды равной 7

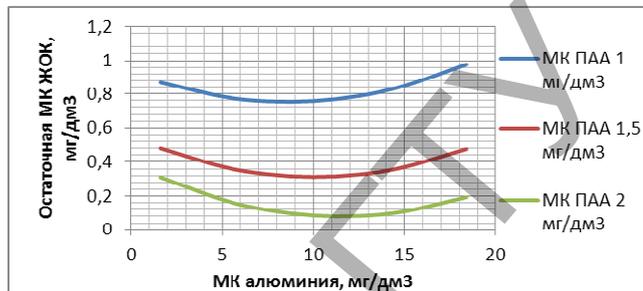


Рисунок 4 – Влияние МК алюминия на удаление ЖОК при различных МК ПАА и активной реакции среды равной 8

Из рис. 2–4 видно, что МК алюминия в пределах от 1,6 мг/дм³ до 12 мг/дм³ наиболее интенсивно снижает остаточную МК ЖОК в воде р. Мухавец. Так остаточная МК железа 0,3 мг/дм³, соответствующая требованиям СанПиН 10-124 РБ 99, достигается:

- при pH=6, МК алюминия равной 13 мг/дм³ и МК ПАА – 1,5-2 мг/дм³;
- при pH=7, указанная величина достигается МК алюминия равной 8 мг/дм³ и МК ПАА – 1,5 мг/дм³ или МК алюминия 6 мг/дм³ и МК ПАА – 2 мг/дм³. Наибольшая эффективность удаления ЖОК достигается при МК алюминия 15 мг/дм³ и МК ПАА – 2 мг/дм³ и составила 0,1 мг/дм³;
- при pH=8 усилилось влияние МК ПАА на эффект удаления ЖОК, так при МК алюминия равной 10 мг/дм³ и МК ПАА 1; 1,5 и 2 мг/дм³ остаточная МК ЖОК составила 0,76; 0,32 и 0,08 мг/дм³ соответственно.

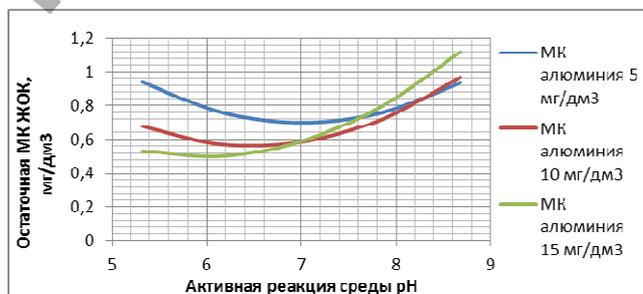


Рисунок 5 – Влияние активной реакции среды на удаление ЖОК при различных МК алюминия и МК ПАА 1 мг/дм³

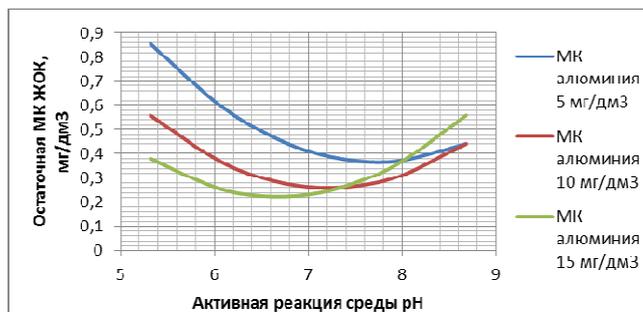


Рисунок 6 – Влияние активной реакции среды на удаление ЖОК при различных МК алюминия и МК ПАА 1,5 мг/дм³

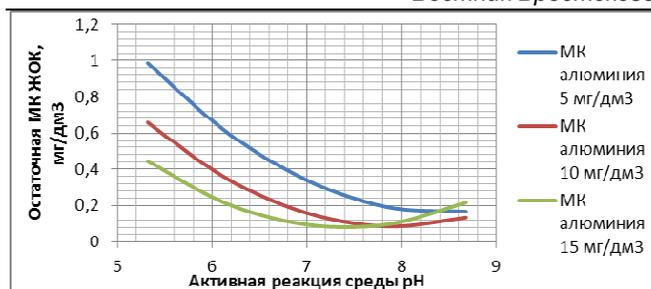


Рисунок 7 – Влияние активной реакции среды на удаление ЖОК при различных МК алюминия и МК ПАА 2 мг/дм³

Активная реакция среды оказывает значительное влияние на процесс удаления ЖОК. Из рис. 5–7 видно, при достижении значения рН 7,5, процесс замедляется, остаточная МК снижается менее интенсивно:

- при МК ПАА равной 1 мг/дм³ наименьшая остаточная МК ЖОК равная 0,5 мг/дм³ достигается при МК алюминия 15 мг/дм³ и величине активной реакции среды 6;
- при МК ПАА равной 1,5 мг/дм³, остаточная МК железа 0,3 мг/дм³, соответствующая требованиям СанПиН10-124 РБ 99, достигается при МК алюминия 10 и 15 мг/дм³ и активной реакции среды равной 6,5 и 5,8 соответственно. Наибольшая эффективность удаления ЖОК достигается при МК алюминия 10 мг/дм³ и 15 мг/дм³ и составила 0,26 мг/дм³ и 0,22 мг/дм³ при рН=7,3 и 6,4 соответственно;
- при МК ПАА равной 2,0 мг/дм³ наблюдается интенсивное снижение остаточной МК ЖОК и достигает значения 0,3 мг/дм³ при МК алюминия 5, 10, 15 мг/дм³ при рН=7,2; 6,3 и 5,9 соответственно. При МК алюминия 10 и 15 мг/дм³ и рН=7,6; 8,0 соответственно достигается наименьшая остаточная МК ЖОК равная 0,08 мг/дм³.

Заключение

1. Установлено, затруднения процессов обезжелезивания воды традиционными методами вызваны наличием железоорганических комплексов, образующихся в результате взаимодействия гуминовых веществ с железом.

2. На основании априорной информации установлена возможность удаления железоорганических комплексов коагулированием. Для интенсификации этого процесса были проведены исследования влияния массовой концентрации коагулянта $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, флокулянта полиакриламид $[-CH_2CH(CONH_2)-]_n$ и активной реакции среды на остаточную массовую концентрацию железоорганических комплексов.

3. На основании эксперимента получено уравнение регрессии второго порядка:

$$Y = 0,263 + 0,214 \cdot X_1 + 0,089 \cdot X_2 + 0,035 \cdot X_3 + 0,033 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,121 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,088 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,109 \cdot X_1^2 + 0,059 \cdot X_2^2 + 0,084 \cdot X_3^2$$

4. Установлены оптимальные параметры, при которых достигается:

- наибольший эффект удаления железоорганических комплексов – 97 % при МК алюминия 10 мг/дм³, ПАА – 2 мг/дм³ и рН=8;
- остаточная МК железа 0,3 мг/дм³, соответствующая требованиям СанПиН10-124 РБ 99, достигнута при МК алюминия 10 и 15 мг/дм³ и активной реакции среды равной 6,5 и 5,8 соответственно и МК ПАА – 1,5 мг/дм³

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сериков, Л.В. Коллоидные системы подземных вод Западно-Сибирского региона / Л.В. Сериков, Л.Н. Шиян, Е.А. Тропина // Изв. ТПУ. – Томск, 2006. – № 6. – С. 309.
2. RamuneAlbrektiene. The removal of iron-organic complexes from drinking water using coagulation process/ RamuneAlbrektiene, MindaugasRimeika, ErnestaLubyte/The 8th International Conference. – Vilnius, 2011.
3. Тропина, Е.А. Аппаратурно-технологическая система получения питьевой воды из подземных источников Западно-Сибирского региона / Е.А. Тропина // ТПУ – Томск, 2007.
4. Сооружения водоподготовки. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-31-2009 (02250) / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2009.
5. Сериков, Л.В. Патент 2216019 РФ МКИ7 G01N 31/22, 33/18, 21/78 Способ определения железа в воде // Л. В. Сериков, Е.А. Тропина, Л.Н. Шиян № 2002121705, заявл 06 08 2002, опубл 10 11 2003 Бюл № 31.

Материал поступил в редакцию 02.05.2016

ZHITENEV B.N., SUK E.V. Removal of zhelezoorganichesky complexes from poverkhnostnykh water of sources for water supply

The main problem of drinking water iron removal by traditional schemes. The methods of removing organic iron complexes. The estimation of the influence of the mass concentration of coagulant and flocculant in the process of removing iron-organic complexes from surface water source for different values of active reaction.

УДК 628.162.1

Житенёв Б.Н., Таратенкова М.А.

ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КОАГУЛИРОВАНИЕМ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ ОЗОНИРОВАНИЕМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Введение. Большое значение при получении обессоленной и умягченной воды имеет выбор предварительной очистки от органических примесей, как правило, используются реагентные методы.

На стадии предварительной очистки воды эффект зависит от состава веществ, определяющих цветность. Коагулирующие свойства высокоцветных маломутных природных вод обусловлены наличием в них в основном гумусовых коллоидных веществ. Последние имеют кислотный характер и представляют собой высокодисперсные отрицательно заряженные золи [1, 2]. Наибольший эффект обесцвечивания наблюдается при наличии гуминовых кислот и усложняется при наличии фульвокислот. В последнем случае требуются значительные дозы реагентов. О трудностях коагуляционного удаления фульвокислот свидетельствуют работы Когановского и Клименко [3]. В результате сравнения эффективности коагуляции гуминовых и

фульвокислот оказалось, что для удаления 80% фульвокислот требуется в 4–8 раз больше коагулянта, чем при извлечении гуминовых кислот.

Интенсифицировать процесс можно путем введения окислителей, разрушающих гидратные оболочки коллоидных частиц, препятствующих коагуляции.

Предварительное хлорирование или озонирование способствует так же удалению из воды соединений железа и марганца.

По данным исследований [4], влияние первичного озонирования на процесс коагулирования воды р. Ока с невысокой цветностью и мутностью (до 15 град. и до 7–10 мг/л) повышает эффективность последующей реагентной очистки воды по мутности, цветности и окисляемости. В то же время при более высокой цветности (до 90 град.) исходной воды первичное озонирование приводило к снижению

Таратенкова Майя Александровна, магистрантка кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.