

температуре ниже 4°C даже при самой высокой степени очистки воды начинают устойчиво проявляться её аномальные свойства (появление двухфазной системы «лёд-вода» и как следствие - снижение плотности).

2. ГИПОТЕЗА, ОБЪЯСНЯЮЩАЯ ПРИЧИНЫ АНОМАЛЬНОСТИ СВОЙСТВ ВОДЫ

Как известно, изотопный состав воды был определён в 1929г. в связи с открытием изотопов кислорода и водорода. В среднем, кроме воды H_2O , заметно представлены $H_2^{18}O$, $H_2^{17}O$ и HDO в количествах 0,2%, 0,4% и 0,03% соответственно, а также D_2O (тяжёлая вода) и T_2O (сверхтяжёлая вода).

Отличие от обычной H_2O , тяжёлая и сверхтяжёлая воды отличаются особыми свойствами:

1. При испарении в первую очередь из жидкой фазы уходят в виде пара более лёгкие молекулы обычной воды (H_2O). Вследствие этого в оставшихся объёмах воды растёт концентрация D_2O и T_2O . Именно поэтому температура кипения тяжёлой воды (см. табл.) заметно выше обычной.

2. В силу более низких кинетических характеристик молекул тяжёлая и сверхтяжёлая вода переходит в твёрдую фазу при более высоких температурах, чем обычная (см. табл.).

3. При электролизе воды разложению подвергаются преимущественно молекулы H_2O , которые уходят из воды как газовая компонента в виде молекул $H_2 \uparrow$ и $O_2 \uparrow$. И опять, как и в п.1, в подвергаемой электролизу воде происходит накопление D_2O и T_2O .

4. Реакции с тяжёлой водой протекают медленнее, чем с обычной водой.

Таблица 1. Некоторые константы обычной и тяжёлой воды

Константа	H_2O	D_2O
Молекулярная масса	18	20
Температура замерзания, °C	0	3,8
Температура кипения, °C	100	101,4
Плотность при 25 °C	0,9971	1,1042
Температура максимальной	4	11,6

УДК 628.162

Шейна Л.Е.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОЧИСТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ РЕАГЕНТАМИ-ОСАДИТЕЛЯМИ

Для подготовки воды питьевого качества в настоящее время в условиях Республики Беларусь в основном используются подземные источники водоснабжения. Подземным водам Республики Беларусь свойственно высокое содержание железа. В основных напорных горизонтах концентрация железа часто превышает норму (0,3 мг/л) в 5...20 раз (1,5...6 мг/л) и более, а в грунтовых водах иногда возрастает в 40...60 раз (до 12...18 мг/л) [1]. На территории Республики Беларусь расположено 118 станций обезжелезивания общей мощностью 1,8 млн. м³/сут. [2].

Наиболее приемлемыми методами кондиционирования подземных вод являются метод глубокой либо упрощенной аэрации с последующим фильтрованием через зернистую загрузку, регенерация которой осуществляется водовоздушной (при гравийной и щебеночной загрузке) либо водяной (при загрузке кварцевым песком) промывкой. Доля воды,

плотности, °C

Как известно, с появлением в растворе кристаллика того вещества, которое в нём растворено, тотчас же вокруг него начинает расти другие кристаллы. Так что же может быть первопричиной возникновения мельчайших «зародышевых» кристалликов льда, так называемых центров кристаллизации, от которых кристаллизация распространяется на всю массу раствора?

В нашем конкретном случае вода является раствором, в составе которого находятся растворённые тяжёлые (D_2O , T_2O и пр.) молекулы воды. В силу их заметно более низкой кинетической активности, а значит и более высокой температуры замерзания (см. таблицу) они и могут стать теми мельчайшими «зародышевыми» кристалликами, которые образуются при температуре ниже 4°C.

Подобное предположение хорошо согласуется с данными, приведёнными в таблице. Из-за низкой кинетической активности молекул D_2O температура замерзания тяжёлой воды более высокая и равна 3,8°C. Ещё более высокой является температура замерзания сверхтяжёлой воды T_2O . Совокупность тяжёлых и сверхтяжёлых молекул в воде имеет относительно постоянный состав. На мой взгляд, именно постоянство изотопного состава воды, по-видимому, и обуславливает начало появления двухфазной системы «вода-лёд» при температуре 4°C. По мере охлаждения воды от 4°C до 0°C объём кристаллов льда растёт от 0 до полного замерзания. При этом происходит процесс «раздвигания» твёрдыми кристаллическими структурами жидкости. Но так как плотность льда, обусловленная его структурой, значительно ниже плотности жидкой воды, то с понижением температуры в интервале +4 – 0 °C плотность системы «вода-лёд» по мере роста объёма кристаллов также понижается.

Вывод: Аномальность воды, заключающаяся в максимальной плотности её при температуре 4°C, по моему мнению, кроется в её изотопном составе.

расходуемой при промывке, может достигать до 10 % от общего объёма подаваемой воды. Промывные воды, образующиеся в процессе регенерации, характеризуются высоким содержанием железа и взвешенных веществ. Концентрация железа колеблется в пределах 100...300 мг/л, взвешенных веществ – 500...800 мг/л [3]. В настоящее время для обработки промывных вод применяется гравитационное осветление. Оно протекает в течение 4-х часов: при этом концентрация железа в осветленной воде остается в пределах 25...35 мг/л, что затрудняет повторное использование промывных вод.

В этой связи на кафедре водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения БГТУ разработана новая технология обработки промывных вод. Очистка от соединений железа осуществляется реагентами-осадителями фосфатом натрия Na_3PO_4

Шейна Людмила Евгеньевна, ассистент каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

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

Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика

Таблица 1. Условия опытов

Факторы	Доза $Al_2(SO_4)_3$, мг/л (X1)	Доза Na_3PO_4 , мг/л (X2)	Время отстаивания, мин. (X3)
Основной уровень	70	50	120
Интервал варьирования	30	20	30
Верхний уровень	100	70	150
Нижний уровень	40	30	90

Таблица 2. Матрица планирования и результаты эксперимента

Номер опыта	Факторы			Доза $Al_2(SO_4)_3$, мг/л	Доза Na_3PO_4 , мг/л	Время отстаивания, мин.	Yэ, мг/л	Yр, мг/л
	X1	X2	X3					
1	1	1	1	100	70	150	0,89	0,86
2	1	1	-1	100	70	90	2,00	2,27
3	1	-1	1	100	30	150	1,04	1,24
4	1	-1	-1	100	30	90	1,89	2,48
5	-1	1	1	40	70	150	1,62	1,64
6	-1	1	-1	40	70	90	3,33	3,69
7	-1	-1	1	40	30	150	2,62	2,90
8	-1	-1	-1	40	30	90	4,24	4,80
9	1,68	0	0	120,4	50	120	1,70	1,28
10	-1,68	0	0	19,6	50	120	4,58	3,88
11	0	1,68	0	70	83,06	120	1,84	1,64
12	0	-1,68	0	70	16,4	120	3,76	2,90
13	0	0	1,68	70	50	170,4	1,32	1,23
14	0	0	-1,68	70	50	69,62	5,04	4,00
15	0	0	0	70	50	120	2,35	2,46
16	0	0	0	70	50	120	2,94	2,46
17	0	0	0	70	50	120	2,21	2,46
18	0	0	0	70	50	120	2,77	2,46
19	0	0	0	70	50	120	1,60	2,46
20	0	0	0	70	50	120	1,82	2,46

и сульфатом алюминия $Al_2(SO_4)_3$. Ввиду сложности процесса коагуляции и осаждения хлопьев гидроксида железа при обработке вышеперечисленными реагентами, отсутствия данных по химизму процесса, наличия значительного числа факторов, влияющих на эффект обезжелезивания, проведены исследования с использованием экспериментально-статистических методов планирования экспериментов.

Использовалось ротатабельное центральное композиционное планирование в задаче с тремя факторами. В качестве параметров, влияющих на эффективность обезжелезивания промывных вод, выбраны доза фосфата натрия, доза сульфата алюминия, продолжительность отстаивания. Для каждого фактора на основании многочисленных экспериментальных данных определены основной уровень, пределы варьирования (табл. 1).

В качестве критерия оптимизации рассматривалось остаточное содержание железа в промывных водах. Для получения математической модели процесса реагентного осаждения реализован полный трехфакторный эксперимент. Опыты проводились с промывной водой водозабора №2 "Граевский" г. Бреста, концентрация железа в которой достигала 150 мг/л. Обезжелезивание промывных вод осуществлялось осаждением вышеперечисленными реагентами в цилиндрах на 250 мл в течение 1 ч после отбора проб. Остаточная концентрация железа контролировалась колориметрическим методом на фотоэлектроколориметре ФЭК – 56М по методике, предложенной ГОСТ 4011 – 72. Реагенты дозировались поочередно: сначала натрий фосфорнокислый, спустя 2...3 мин вводился алюминий сернокислый. Экспериментально доказано, что очередность существенно не влияет на остаточную концентрацию железа, но наилучший эффект достигался при разрыве во времени 2...5 мин при введении Na_3PO_4 , а затем $Al_2(SO_4)_3$.

Матрица планирования и результаты эксперимента приведены в таблице 2.

На основании опытов ротатабельного планирования эксперимента вычислены коэффициенты регрессии, соответствующие оценки дисперсий и получена математическая модель следующего вида:

$$Y = 2,46 - 0,774 \cdot X_1 - 0,37 \cdot X_2 - 0,8243 \cdot X_3 + 0,2226 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,163 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,042 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,0415 \cdot X_1^2 - 0,0728 \cdot X_2^2 + 0,0549 \cdot X_3^2 \quad (1)$$

Проверка адекватности уравнения регрессии осуществлялась по критерию Фишера при 5%-ном уровне значимости. Расчетное значение критерия Фишера $F_p = 2,76$, табличное значение $F = 5,05$. $F_p \leq F$, следовательно, уравнение регрессии адекватно описывает поверхность отклика.

Из уравнения (1) видно, что на удаление примесей железа реагентным осаждением наиболее сильное влияние оказывает продолжительность отстаивания и доза сульфата алюминия, несколько слабее проявляется действие тринатрийфосфата.

Для выявления оптимальных условий уравнение регрессии (1) продифференцируем по X_1, X_2, X_3 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial y}{\partial X_1} &= -0,774 + 0,2226 \cdot X_2 + 0,163 \cdot X_3 + 2 \cdot 0,0415 \cdot X_1 = 0; \\ \frac{\partial y}{\partial X_2} &= -0,37 + 0,2226 \cdot X_1 - 0,042 \cdot X_3 - 2 \cdot 0,0728 \cdot X_2 = 0; \\ \frac{\partial y}{\partial X_3} &= -0,8243 + 0,163 \cdot X_1 - 0,042 \cdot X_2 + 2 \cdot 0,0549 \cdot X_3 = 0; \end{aligned} \quad (2)$$

Приравняв производную нулю и решив зависимости (2), получим оптимальные значения доз вводимых реагентов и продолжительности отстаивания. Система канонических уравнений (2) имеет три корня.

$$\begin{aligned} X1 &= 2,209; \\ X2 &= -0,346; \\ X3 &= 4,095. \end{aligned}$$

В данном случае кодированные переменные $X1, X2, X3$ представляют собой дозу вводимого в обрабатываемую воду $Al_2(SO_4)_3$, дозу Na_3PO_4 и продолжительность отстаивания соответственно, координаты центра плана $x_{01}=70$ мг/л, $x_{02}=50$ мг/л и $x_{03}=120$ мин, а интервалы варьирования $\Delta x_1=30$ мг/л, $\Delta x_2=20$ мг/л, $\Delta x_3=30$ мин. Откуда:

$$\begin{aligned} X1 &= \frac{x_1 - x_{01}}{\Delta x_1} = \frac{x_1 - 70}{30}, \\ X2 &= \frac{x_2 - x_{02}}{\Delta x_2} = \frac{x_2 - 50}{20}, \\ X3 &= \frac{x_3 - x_{03}}{\Delta x_3} = \frac{x_3 - 120}{30}. \end{aligned} \quad (3)$$

Подставляя в равенства (3) значения $X1, X2, X3$ и упростив их, получены оптимальные значения факторов x_1 (доза $Al_2(SO_4)_3$), x_2 (доза Na_3PO_4), x_3 (время отстаивания):

$$x_1 = 30 \cdot X1 + 70 = 30 \cdot 2,21 + 70 = 140 \text{ мг/л}$$

$$x_2 = 20 \cdot X2 + 50 = 20 \cdot (-0,346) + 50 = 56,9 \text{ мг/л}$$

$$x_3 = 30 \cdot X3 + 120 = 30 \cdot 4,095 + 120 = 242,85 \text{ мин.}, \text{ или } 4 \text{ ч}$$

Теоретически область оптимальных значений сдвигается в точку, которая выходит за план эксперимента. В этой точке при дозе $Al_2(SO_4)_3$ 140 мг/л, дозе Na_3PO_4 57 мг/л и времени отстаивания 4 ч остаточная концентрация железа $C_{ост}^{Fe_{общ}} \rightarrow 0$, в нашем случае 100% эффект очистки не требуется, поэтому эта область не исследовалась.

Для исследования влияния отдельных факторов на процесс обезжелезивания промывных вод на основании частных решений уравнения (1) были построены графические зависимости. На рис. 1 представлен график влияния дозы коагулянта сернокислого алюминия $Al_2(SO_4)_3$ на остаточное содержание железа при продолжительности отстаивания 120 мин.

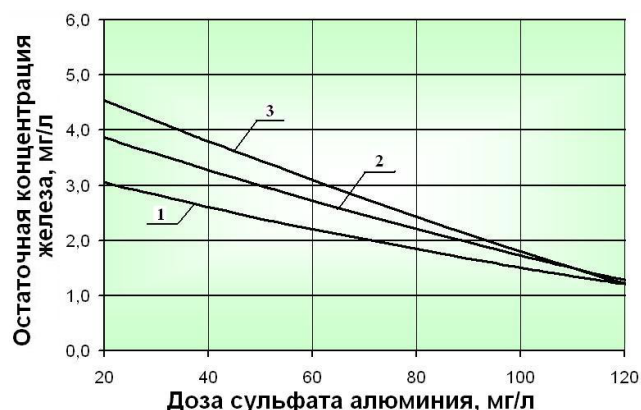


Рис. 1. Влияние дозы сернокислого алюминия на остаточное содержание железа при продолжительности отстаивания 120 минут

1 – доза фосфата натрия 70 мг/л;
2 – тоже 50 мг/л; 3 – тоже 30 мг/л.

Видно, что при дозе $Al_2(SO_4)_3$ 20 мг/л увеличение дозы фосфата натрия с 30 мг/л до 70 мг/л улучшает эффект очист-

ки, остаточное содержание железа снижается с 5 мг/л до 3,2 мг/л. Но при дозах $Al_2(SO_4)_3$ свыше 120 мг/л увеличение дозы Na_3PO_4 с 30 до 50 мг/л не сопровождается снижением остаточного содержания железа, так остаточная концентрация железа в промывных водах составляет 1,3 мг/л (соответствует эффекту обезжелезивания 99%), как при дозе Na_3PO_4 30 мг/л, так и при дозах 50 мг/л, 70 мг/л.

Зависимость эффекта обезжелезивания от дозы $Al_2(SO_4)_3$ при различной продолжительности отстаивания приведена на рис. 2.



Рис. 2. Влияние дозы сернокислого алюминия на остаточное содержание железа в промывных водах при дозе фосфорнокислого натрия 50 мг/л

1 – продолжительность отстаивания 150 мин;
2 – тоже 120 мин; 3 – тоже 90 мин.

При увеличении дозы $Al_2(SO_4)_3$ эффект очистки повышается. При этом, чем больше продолжительность отстаивания, тем большая часть прокоагулированных частиц выпадает в осадок. При дозе коагулянта сернокислого алюминия 120 мг/л, дозе фосфорнокислого натрия 50 мг/л и времени осаждения 120 мин. эффект очистки промывных вод составляет 99%, что соответствует остаточной концентрации железа 1,3 мг/л.



Рис. 3. Влияние времени отстаивания на остаточное содержание железа, доза фосфорнокислого натрия 50 мг/л

1 – доза сульфата алюминия 100 мг/л;
2 – тоже 70 мг/л; 3 – тоже 40 мг/л.

На рис. 3 приведен график эффективности обезжелезивания промывных вод в зависимости от продолжительности отстаивания.

Так, при дозе $Al_2(SO_4)_3$ 40 мг/л и дозе Na_3PO_4 50 мг/л увеличение продолжительности отстаивания с 60 до 180 мин снижает остаточное содержание железа с 4,9 мг/л до 0,8 мг/л,

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

Показатель	После отстаивания	После фильтрования	Требования СанПиН
Концентрация железа, мг/л (2-х часовое отстаивание)	1,5...2,0	0,1...0,2	0,3
Взвешенные вещества, мг/л	1,5...2,0	-	1,5...2
Цветность, град	менее 20	менее 20	20
Жесткость общая, мг-экв/л	4,2	3,6...4,0	7...10
Щелочность общая,	4,2	3,3	-
рН	7,5...8	7,5...8	6...9
Остаточные фосфаты, мг/л	1,0...1,5	1,0...1,5	3,5

но при дозе $Al_2(SO_4)_3$ 100 мг/л и дозе Na_3PO_4 50 мг/л такое же увеличения продолжительности отстаивания дает увеличение эффекта обезжелезивания с 3,2 до 0,4 мг/л. Это связано с тем, что при дозе $Al_2(SO_4)_3$ 100 мг/л порог коагуляции наступает раньше, чем при дозе коагулянта 50 мг/л, основная часть взвеси выпадает в осадок в первые 30 мин. отстаивания, поэтому после 60 мин. отстаивания остаточная концентрация железа при высокой дозе $Al_2(SO_4)_3$ изменяется незначительно [3, 5].

Влияние дозы Na_3PO_4 на остаточное содержание железа приведено на рис. 4.

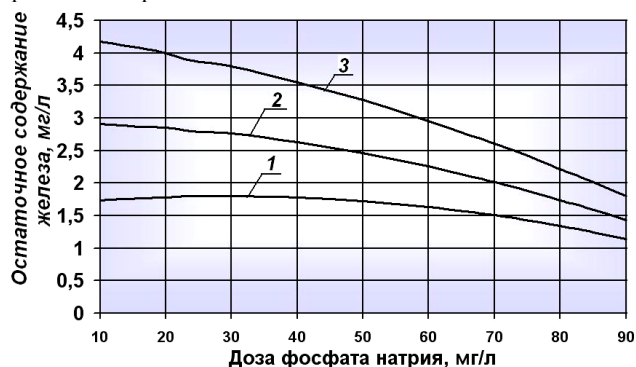


Рис. 4. Влияние дозы фосфорнокислого натрия на остаточное содержание железа в промывных водах, продолжительность отстаивания 120 минут
1 – доза сульфата алюминия 100 мг/л;
2 – тоже 70 мг/л; 3 – тоже 40 мг/л.

Увеличение дозы Na_3PO_4 с 10 мг/л до 90 мг/л сопровождается уменьшением остаточной концентрации железа с 4,2 мг/л до 1,7 мг/л при дозе $Al_2(SO_4)_3$ 40 мг/л и с 1,7 до 1,2 мг/л при дозе $Al_2(SO_4)_3$ 100 мг/л, что на 20% меньше, т.е. с увеличением дозы $Al_2(SO_4)_3$ степень влияния дозы Na_3PO_4 на процесс обезжелезивания промывных вод снижается. Это можно объяснить тем, что с увеличением дозы $Al_2(SO_4)_3$ до 100 мг/л большая часть взвешенных частиц $Fe(OH)_3$ подвергается коагуляции, поэтому для связывания оставшихся соединений в нерастворимые фосфаты железа (III) железа требуется меньшее количество $Na_3(PO)_4$, чем при дозе $Al_2(SO_4)_3$ 40 мг/л [6].

Увеличение дозы тринатрийфосфата от 30 до 70 мг/л снижает остаточную концентрацию железа с 1,5 мг/л до 0,5 мг/л при дозе $Al_2(SO_4)_3$ 70 мг/л и продолжительности отстаивания 180 мин. (рис. 5), при этом эффект обезжелезивания достигает 99,7%.

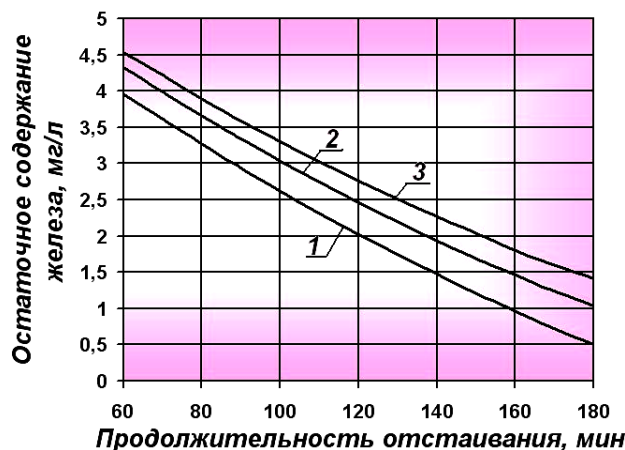


Рис. 5. Влияние продолжительности отстаивания промывных вод на остаточное содержание железа, доза сернокислого алюминия 70 мг/л
1 – доза фосфата натрия 70 мг/л;
2 – тоже 50 мг/л; 3 – тоже 30 мг/л.

Кривые имеют большой угол наклона, это свидетельствует о том, что продолжительность отстаивания является наиболее значимым фактором при обезжелезивании промывных вод реагентным осаждением, и проходят почти параллельно друг другу. При дозе Na_3PO_4 30 мг/л и дозе $Al_2(SO_4)_3$ 70 мг/л увеличение продолжительности отстаивания с 60 до 180 мин снижает остаточное содержание железа с 4,5 мг/л до 1,4 мг/л, но при дозе Na_3PO_4 70 мг/л и дозе $Al_2(SO_4)_3$ 70 мг/л такое же увеличения продолжительности отстаивания снижает остаточную концентрацию железа до 0,5 мг/л. В последнем случае эффект очистки промывных вод приближается к максимуму, факторы влияющие на процесс осаждения, – к оптимальным значениям.

Из выше приведенных графиков и коэффициентов уравнения регрессии следует, что наибольшее влияние на процесс очистки оказывает время отстаивания и доза $Al_2(SO_4)_3$. Тем не менее при малых дозах фосфорнокислого натрия 10...40 мг/л эффект очистки мал, но с увеличением дозы Na_3PO_4 до 50...70 мг/л остаточная концентрация железа в промывных водах резко снижается, и эффект очистки увеличивается до значений, позволяющих использовать очищенные промывные воды повторно. Описанные особенности влияния реагентного осаждения на процесс очистки промывной воды хорошо согласуются с результатами ранее проведенных исследований и физико-химической сущностью коагуляции, что подтверждено данными работ [3, 5]. Опыты, проведенные в лабораторных условиях, полностью подтверждены производственными испытаниями. Сравнение результатов экспериментов с рассчитанными значениями эффекта очистки показывают высокую их сходимость.

Разработанная технология предусматривает направлять очищенные промывные воды в резервуар чистой воды или в водонапорную башню промывной воды, поэтому очищенная вода должна соответствовать требованиям СанПиН 10-124 "Вода питьевая". При использовании данного метода дозы реагентов для каждого конкретного случая должны быть определены пробными испытаниями. Учитывая, что очищенная промывная вода перед дальнейшим использованием направляется на барьерный фильтр, дозы вводимых реагентов могут быть снижены до 70 мг/л, 50 мг/л для $Al_2(SO_4)_3$, Na_3PO_4 соответственно. В таблице 3 приведены основные показатели очищенных промывных вод после отстаивания, и после фильтрования, которые определены экспериментально.

Алюминий в виде $Al(OH)_3$ выпадет в осадок, так как произведение растворимости его составляет $PR_{Al(OH)_3} = 10^{-32}$. При введении в воду Na_3PO_4 , образovanного сильным основанием и слабой кислотой, создается буферная смесь, pH которой превышает 8, такая среда является благоприятной для осаждения $Al(OH)_3$, поэтому остаточная концентрация его в воде не будет превышать 0,5 мг/л.

Внедрение эффективной и надежной технологии обработки промывных вод позволит резко уменьшить расходы воды

УДК 628.3

Житенев Б.Н., Белая А.В.

ПЕРСПЕКТИВЫ УДАЛЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД СОРБЕНТАМИ НА ОСНОВЕ ТОРФА И ТРЕПЕЛА

Проблема эффективной и дешевой очистки поверхностного стока промышленных сточных вод от нефтепродуктов, ионов тяжелых металлов имеет большое экологическое и хозяйственное значение.

Одним из наиболее универсальных и эффективных, позволяющих достичь практически полного извлечения загрязнений, является сорбционный метод очистки. К преимуществам сорбционного метода относятся: возможность удаления загрязнений чрезвычайно широкой природы практически до любой концентрации независимо от их химической устойчивости, отсутствие вторичных загрязнений и управляемость процессом.

Для сорбционной очистки воды используют множество материалов естественного и искусственного происхождения, однако чаще других применяют высокопористые углеродные материалы – активные угли. Их получают из древесины, других растительных материалов (соломы, скорлупы орехов, морских водорослей, фруктовых косточек), тканей и крови животных, торфа, ископаемых углей, полимерных смол и пр. Исходные материалы с относительно низким содержанием углерода (например, древесину, скорлупу) вначале подвергают пиролизу, а затем обугленные вещества активируют. Активацию, приводящую к повышению удельной поверхности, осуществляют различными методами. Активирующими агентами могут быть кислород, водяной пар, углекислый и сернистый газы, а также неорганические соединения, такие как хлориды цинка и кальция, сульфат, сульфид или карбонат калия, различные фосфаты [1]. В частности, угли растительного происхождения обрабатывают водяным паром при $750^0 - 900^0$ С. В этих условиях происходит частичное окисление углерода, удаляются смолы и другие летучие продукты пиро-

лиза, открываются поры, что увеличивает удельную поверхность в несколько раз [2]. Активация – наиболее сложная и ответственная стадия в процессе получения активированных углей; как правило, ей сопутствует большой расход реагентов, топлива, электроэнергии; кроме того, приходится иметь дело с дорогостоящим оборудованием. Поэтому стоимость высокоактивных промышленных активных углей достаточно высока как в нашей стране, так и за рубежом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Р.А. Станкевич. Обезжелезивание подземных вод в водоносном пласте: предпосылки и методы // Вода, №10, 2001. – с. 22-23.
2. Гуринович А.Д. Питьевое водоснабжение из подземных источников: проблемы и решения / А.Д. Гуринович – Мн.: "ТЕХНОПРИНТ", - 2001. – 305 с. – ISBN 985-464-021-3
3. Б.Н.Житенев, Л.Е.Шейна. Интенсификация очистки промывных вод станций обезжелезивания реагентным осаждением // Вестник Брестского государственного технического университета. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология. – 2003. №2(20). – с. 65-69.
4. Саутин С.Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. Л., "Химия", 1975.
5. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. – М.: "Наука", - 1977. - стр. 356.
6. Алексеев В.Н. Курс качественного химического полумикроанализа. Изд. 5-е, перераб. и доп. под ред. д-ра хим. наук П.К.Агасяна. М., "Химия", 1973.

лиз, открываются поры, что увеличивает удельную поверхность в несколько раз [2]. Активация – наиболее сложная и ответственная стадия в процессе получения активированных углей; как правило, ей сопутствует большой расход реагентов, топлива, электроэнергии; кроме того, приходится иметь дело с дорогостоящим оборудованием. Поэтому стоимость высокоактивных промышленных активных углей достаточно высока как в нашей стране, так и за рубежом.

Вторую большую группу составляют силикатные сорбенты. В их число входит силикагель, получаемый высушиванием геля кремневой кислоты. Его скелет состоит из связанных друг с другом очень мелких шарообразных частиц SiO_2 [3]. При определенных условиях синтезируют также алюмосиликаты особой каркасной структуры, в решетках кристаллов которых имеются полости. Такие алюмосиликаты называются цеолитами. Поры в цеолитах имеют размеры небольших молекул (около 1 нм). По этой причине цеолиты сорбируют лишь молекулы веществ, критический размер которых меньше эффективного размера входного окна. Известно более 30 видов природных цеолитов, но лишь часть из них образует крупные месторождения, удобные для промышленной разработки.

В последнее время значительное внимание уделяется изучению принципиально новых углеродных сорбентов с улучшенными технологическими характеристиками – углеродных волокнистых материалов. Обусловлено это высокой сорбционной способностью углеродных волокнистых материалов и повышенной (по сравнению с активными углями) удельной поверхностью – до $2000 \text{ м}^2 / \text{г}$. Сырьем для получения углеродных волокнистых материалов являются полимеры (гидратцеллюлозные и полиакрилонитриловые волокна).

Житенев Борис Николаевич, доцент, к.т.н., зав. каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

Белая Алла Викторовна, аспирантка каф. водоснабжение, водоотведение и теплоснабжение Брестского государственного технического университета.

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

Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика