

причем $\theta_1(0) \geq \theta_1(\xi)$ для любого $\xi \in [0,1]$.

2) Температура расплава полимера $\theta_1(\xi)$ является убывающей вогнутой функцией $\xi \in (0,1)$, поэтому $\max_{\xi \in [0,1]} \theta(\xi) = \theta(0)$, а $\min_{\xi \in [0,1]} \theta(\xi) = \theta(1)$.

3) Если температура нижней стенки $\tilde{\theta}_1$ не равна температуре расплава полимера у нижней стенки канала экструдера, то имеет место скачок температуры, равный $\tilde{\theta}_1 - \theta_1(0)$. Если этот скачок умножить на коэффициент конвективной теплопередачи, то получившаяся величина определяет поток теплообмена между нижней стенкой канала и расплавом у стенки канала, а также его направление.

Литература

1. Colwell R. E., Nicholls K.R. Ind. Eng. Chem., 1959. 51, 841 P.
2. Мак-Келви Д.М. Переработка полимеров. М.: Химия, 1965. 444 с.
3. Раувендааль К. Экструзия полимеров. С-Пб.: Профессия, 2008. 762 с.
4. Gavis J., Laurence R.L. Ind. Eng. Chem. Fundam., 1968. 7, 232-239, 525-527 P.
5. Хаметова М.Г. Стационарное распределение температуры расплава полимера по высоте канала одношнекового экструдера. Пластические массы, 2012. № 6, с. 41-42.

Исследование работы фильтров обезжелезивания

к.т.н. доц. Веригина Е.Л., Ефременко Т.Б., Суродеева Л.С., Щибро Е.О.
Университет машиностроения
84992671970

Аннотация. Целью исследовательской работы явился выбор оптимальной фильтрующей загрузки для напорных фильтров на станции обезжелезивания воды артезианских скважин. При увеличении производительности станции за счет повышения скорости фильтрования происходит увеличение потерь напора и снижение продолжительности фильтроцикла. Означенная проблема явилась причиной изучения фильтрующей загрузки альтернативной, кварцевому песку.

Ключевые слова: деферризация воды, скорость фильтрования, продолжительность фильтроцикла, безреагентное обезжелезивание, двухвалентное железо, дробленый керамзит.

Введение

В подземных водах Подмоскovieя железо обычно находится в форме бикарбоната закисного железа, это восстановленное железо является растворимым и иногда образует устойчивые комплексы. Для деферризации воды используются физико-химические и биологические методы обработки.

Технология безреагентного обезжелезивания – (аэрация+фильтрация) предназначена для обработки подземных вод с максимальным содержанием двухвалентного железа, не превышающим 7 мг/л, предельно допустимым содержанием марганца, гуминовых кислот, аммония и умеренной карбонатной агрессивностью [1].

Первая стадия обработки основана на окислении двухвалентного железа кислородом воздуха.



Кинетика окисления двухвалентного железа выражается уравнением:

$$\frac{-d(\text{Fe}^{+2})}{dt} = k(\text{Fe}^{+2})(\text{OH}^-)^2 P_{\text{O}_2}, \quad (2)$$

где: k – константа, зависящая от температуры и буферной емкости воды;

P_{O_2} – парциальное давление кислорода.

Кинетика окисления железа зависит от pH, Eh, температуры воды. В восстановительной среде при величине $Eh < 0.26$ и наличии в воде сульфидов может выпасть осадок сернистого железа. При насыщении воды кислородом повышается окислительно-восстановительный потенциал и удаляется часть углекислоты, вследствие этого повышается pH и двухвалентное железо окисляется до трехвалентного, выпадает в осадок в виде гидроокиси [2].

Продолжительность окисления железа в свободном объеме может колебаться от 10 до 1000 минут. Существенное ускорение процесса происходит на контактной поверхности загрузки фильтра. Положительно заряженные ионы железа прекрасно адсорбируются отрицательно заряженной поверхностью зерен загрузки. Осадок гидроокиси железа, лежащий на поверхности зерен загрузки, каталитически ускоряет процесс окисления Fe^{+2} [3].

Исторически первым и наиболее распространенным до настоящего времени видом фильтрующего материала является кварцевый песок – речной или карьерный. Качество этого природного материала зависит от содержания в нем известковых примесей. В большинстве случаев кварцевый песок отвечает требованиям, предъявляемым к фильтрующим материалам. Несмотря на значительное распространение кварцевых песков, месторождения крупнозернистого материала встречаются достаточно редко, а мелкозернистый обычно не обеспечивает необходимую степень очистки.

Ограниченные запасы крупного кварцевого песка и нецелесообразность (по экономическим соображениям) его транспортировки на большие расстояния вызвали повышенный интерес к применению различных местных фильтрующих материалов.

Поиск таких материалов определяется также и необходимостью интенсификации работы фильтровальных сооружений, что может быть достигнуто за счет улучшения структуры фильтрующей загрузки. Известно, что с увеличением количественных значений показателей геометрической структуры загрузки, таких, как межзерновая пористость и удельная поверхность поровых каналов, улучшаются технологические показатели работы фильтров, что позволяет повысить их производительность без ухудшения качества очистки воды.

Особенно высокими фильтрационными свойствами обладают зернистые материалы, получаемые дроблением пористых кусковых материалов. Наиболее полно всем вышеперечисленным требованиям отвечает дробленый керамзит. Он представляет собой гранулированный пористый материал, получаемый вспучиванием легкоплавких глин в специальных печах.

Преимущества по сравнению с кварцевым песком:

- более развитая поверхность контакта;
- при диаметре частиц дробленого керамзита 5–10 мм коэффициент формы в 1,75–4,2 раза выше, чем у песка
- пористость дробленого керамзита (65%) в 1,7–2 раза выше, чем у кварцевого песка (30–35%)

Дробленый керамзит применяется в безнапорных фильтрах засыпного типа для удаления из воды железа, находящегося в растворимой и нерастворимой форме (также позволяет удалить механические частицы, песок, взвеси, ржавчину, коллоидные частицы). Скорости фильтрования не высоки, приблизительно 3 – 5 м/ч.

Основные задачи работы

1. Выбор оптимального фильтрующего материала для загрузки напорных фильтров станции обезжелезивания;
2. Определение динамики изменения потерь напора для 2-х типов загрузок
3. Сравнительная оценка фильтрата фильтров с загрузкой из кварцевого песка и дробленого керамзита
4. Выбор оптимальной схемы фильтрования

Исследовательская работа проходила на экспериментальном стенде колоночного типа в

два этапа. На первом этапе проводилось сравнение фильтров с различной загрузкой, работающих по одноступенчатой схеме фильтрования. На втором этапе осуществлено сопоставление эффективности технологических схем: одноступенчатого и двухступенчатого фильтрования. Продолжительность фильтроцикла определялась возможностью сохранения скорости фильтрования в колонке не менее 12 м/ч.

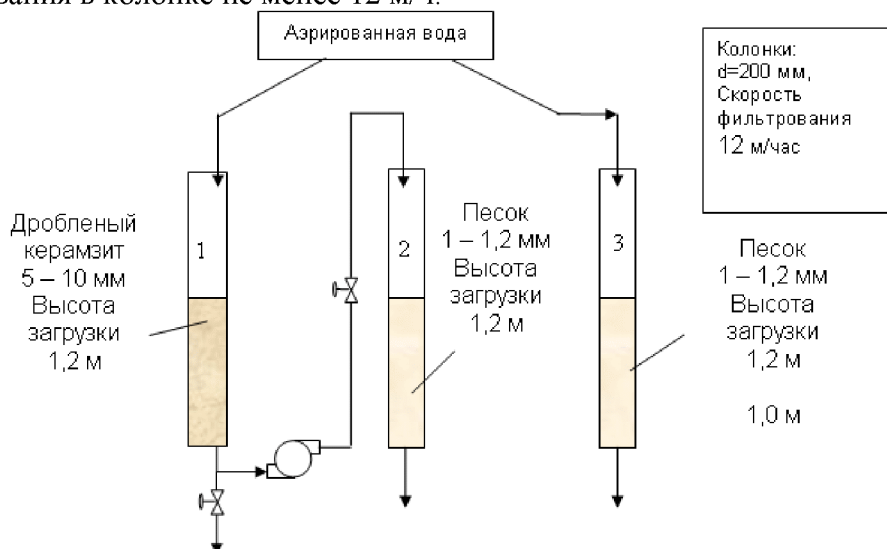


Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда: Колонки 1 и 3 – фильтры 1-й ступени фильтрования; колонка 2 – фильтр 2-й ступени фильтрования

Результаты испытаний

Вода после аэрационной колонки поступала на фильтровальную колонку № 1 и колонку № 3 – одноступенчатая схема фильтрования. На втором этапе исследований фильтрат колонки № 1 поступал на колонку № 2 – вторая ступень в 2-х ступенчатой схеме фильтрования – и колонку № 3 (одноступенчатая схема фильтрования). Во время фильтроцикла поддерживалась скорость фильтрования не менее 12 м/ч. Увеличение потерь напора более фиксированного значения служило сигналом к прекращению эксперимента. После окончания фильтроцикла проводилась промывка фильтров. Сравнение проводилось по следующим параметрам: продолжительность фильтроцикла, динамика прироста потерь напора, грязеемкость фильтрующей загрузки. Эффективность очистки оценивалась по показателям качества воды: остаточное содержание железа.

Исследования проводились в непрерывном режиме с сентября 2010 г по март 2011 г.

Результаты работы стенда по одноступенчатой схеме фильтрации представлены в таблицах 1, 2 и рисунке 2.

Эффективность работы загрузки фильтра

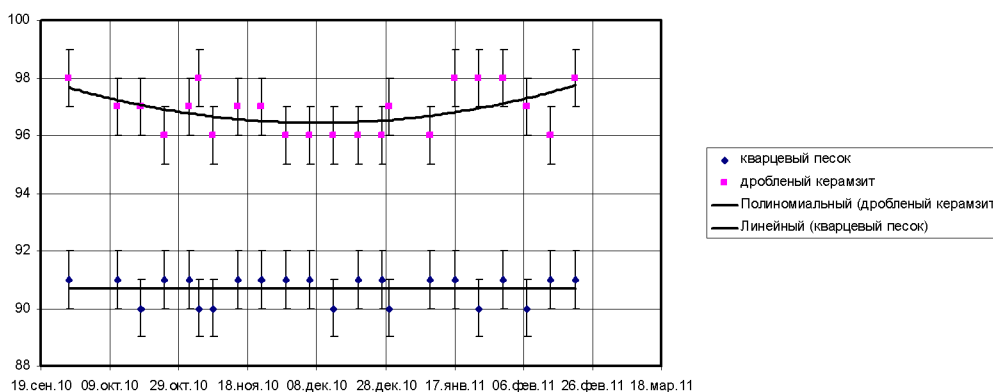


Рисунок 2

Сопоставление работы фильтров с песчаной и керамзитовой загрузкой

	Содержание железа, мг/л				
	В исходной воде	В фильтрате колонки № 1	В фильтрате колонки № 3	Эффективность удаления железа в колонке №1	Эффективность удаления железа в колонке №3
27.09	2,11	0,19	0,09	91	98
04.11.	2,13	0,19	0,1	90	98
11.10	2,34	0,21	0,12	91	97
18.10	2,41	0,19	0,12	90	97
25.10	2,14	0,23	0,16	91	96
01.11	2,52	0,19	0,11	91	97
08.11	2,1	0,23	0,17	90	96
15.11	2,19	0,22	0,13	91	97
22.11	2,22	0,21	0,13	91	97
29.11	2,43	0,21	0,16	91	96
06.12	2,6	0,19	0,15	91	96
13.12	2,57	0,21	0,14	90	96
20.12	2,19	0,2	0,12	91	96
27.12	2,36	0,21	0,14	91	96
29.12	2,61	0,19	0,16	90	97
10.01	2,16	0,23	0,17	91	96
17.01	2,54	0,21	0,11	91	98
24.01	2,47	0,32	0,09	90	98
31.01	2,43	0,19	0,1	91	98
07.02	2,41	0,19	0,12	90	97
14.02	2,52	0,2	0,15	91	96
21.02	2,39	0,19	0,13	91	98

Таблица 2

Общие показатели процесса одноступенчатого обезжелезивания

Дата	t воды °С	Среднее содержание гидрооксида железа в воде, поступающей на фильтрование, мг/л	Длительность фильтроцикла, час		Время промывки до достижения мутности промывной воды 1,5 мг/л, мин		Расход промывной воды, м ³ /ч		Объем промывной воды, затраченный на 1 м ³ загрузки за время промывки, м ³	
			№3	№1	№3	№1	№3	№1	№3	№1
27.09	8	2,11	9	28	7	12	0,23	2,23	3,42	14,20
04.10	6	2,13	11	31	7	12	0,34	2,24	5,05	14,27
08.11	8	2,1	8	26	10	15	0,30	2,24	6,37	17,83
15.11	8	2,19	6	22	10	15	0,28	2,10	5,94	16,72
29.11	9	2,43	7	25	7	15	0,28	2,04	4,16	16,24
27.12	8	2,36	12	32	7	15	0,28	2,04	4,16	16,24
10.01	8	2,16	16	43	12	7	0,28	2,00	7,14	7,43
07.02	7	2,41	12	35	15	7	0,34	1,94	10,83	7,21

Для изучения динамики роста потерь напора на керамзитовой и песчаной загрузках провели несколько контрольных фильтроциклов с фиксацией предельных значений потерь напора. Первый контрольный фильтроцикл имел продолжительность 28 часов. Прирост потери напора в фильтре № 1 не превысил 7 м, а в фильтре № 3 достиг максимального значения 23 м. В дальнейшем при снижении скорости фильтрования менее 12 м/ч фильтрующая колонка отключалась, фиксировались значения продолжительности фильтроцикла.

Результаты контрольных фильтроциклов представлены на рисунке 3.

Изменение потерь напора для фильтров обезжелезивания с керамзитовой загрузкой можно выразить следующей зависимостью:

$$h = 279,7 \cdot e^{0,03 \cdot t} \quad (3)$$

Рост потерь напора в фильтрах обезжелезивания с песчаной загрузкой описывается формулой:

$$h = 359,4 \cdot e^{0,1 \cdot t} \quad (4)$$

Динамика прироста потерь напора при проведении контрольных фильтроциклов

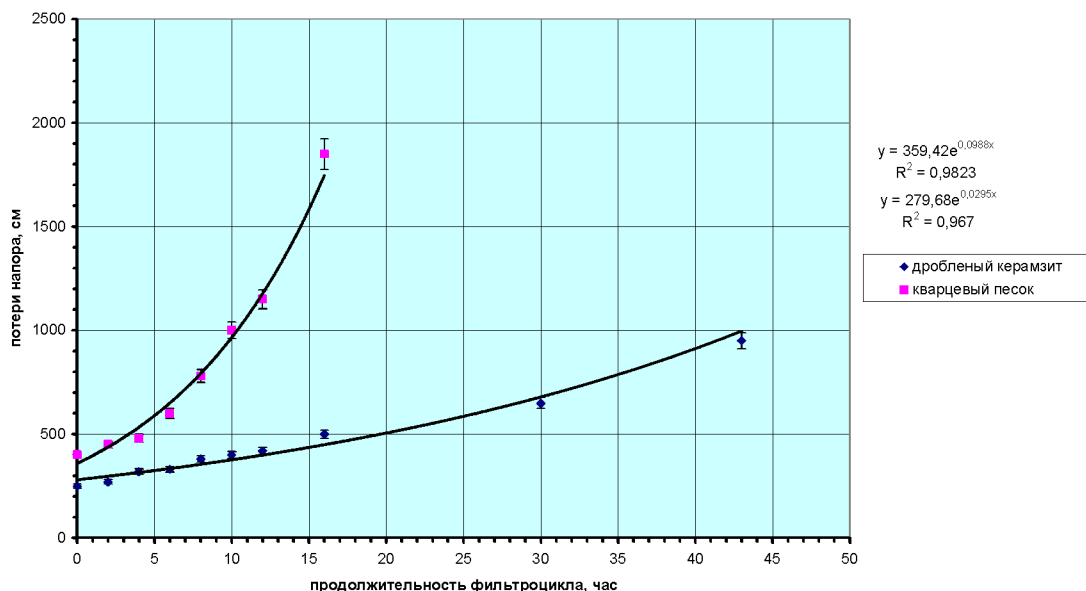


Рисунок 3

Второй важной характеристикой загрузки является ее грязеемкость. Этот параметр является расчетной величиной, в которой учитывается продолжительность фильтроцикла, скорость фильтрования и масса снимаемых загрязнений. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Сопоставление грязеемкости песчаной и керамзитовой загрузок

Дата	Грязеемкость фильтрующей загрузки, г/м ²	
	№1	№3
27.09.10	678,72	207,36
04.10.10	755,16	256,08
11.10.10	692,64	230,04
18.10.10	741,96	213,12
22.11.10	648,48	179,52
29.12.10	543,84	141,84
17.01.11	551,76	144,72
07.02.11	735,48	213,12
21.02.11	874,8	279,6

Дробленый керамзит, как и любой сорбент, обладает существенным недостатком: при изменении условий термодинамического равновесия, возможен отрыв адсорбированных загрязнений и залповое поступление их в фильтрат. Для обеспечения надежности результатов обезжелезивания, параллельно с одноступенчатой схемой рассматривалась двухступенчатая схема фильтрования. Результаты представлены в таблице 4. По данным таблицы видно, что при двухступенчатой схеме сохраняются преимущества фильтрования одноступенчатого фильтрования с керамзитовой загрузкой (продолжительность фильтроцикла, качество фильтрата, низкий прирост потерь напора) при этом суммарный объем воды (на 1 м³ загрузки), затраченный на промывку двух фильтров в месяц, лишь на 6% выше, чем при односту-

пенчатой схеме фильтрования.

Таблица 4

**Сопоставление показателей работы одноступенчатой и двухступенчатой схем
обезжелезивания**

№ колонки	Продолжительность контрольных фильтроциклов, час	Время промывки, (до мутности 1,5 мг/л), мин	Время фильтроцикла с учетом времени, затраченного на промывку, ч	Количество часов в месяц	Количество фильтроциклов в месяц	Объем промывной воды на одну промывку (на 1 м ³ загрузки), м ³	Объем промывной воды за месяц (на 1 м ³ загрузки), м ³
колонка №3	10,6	9	10,8	720	43	5,53	237,71
колонка №1	35,6	12	35,8	720	16	13,82	217,26
колонка №2	35,6	5	35,7	720	16	2,30	36,25
суммарный объем (м ³) промывной воды за месяц на 1 м ³ загрузки колонок №1 и №2						16,12	253,51

Выводы

Результаты испытаний показали, что при замене кварцевого песка на дробленый керамзит потери напора сокращаются в 2,5-3 раза

Сравнительная оценка качества воды фильтрата колонок № 1 и № 3 экспериментального стенда показала, что эффективность удаления железа на загрузке «дробленый керамзит» в среднем на 6% выше, чем на загрузке «кварцевый песок».

Эксплуатация экспериментального стенда в непрерывном режиме позволила выявить следующие преимущества фильтрационной загрузки из дробленого керамзита по сравнению с кварцевым песком:

- продолжительность фильтроцикла выше в среднем в 2,5-3 раза;
- низкий прирост потерь напора;
- более эффективное удаление железа;
- высокая грязеемкость фильтрующей загрузки.

При переходе на двухступенчатую схему фильтрования повышается надежность обезжелезивания, сохраняются преимущества одноступенчатой фильтрации с загрузкой из дробленого керамзита, при этом суммарный объем воды (на 1 м³ загрузки), затраченный на промывку двух фильтров в месяц, лишь на 6% выше, чем при одноступенчатой схеме фильтрования.

Литература

1. Технический справочник по обработке воды. Дегремон. 2007
2. Кастальский А.А. Очистка воды для промышленного водоснабжения. М 1997
3. Клячко В.В. Очистка природных вод. М 1991

Компьютерный менеджмент качества противогололедных материалов для автомобильных дорог

д.т.н. проф. Бессарабов А.М.¹, Глушко А.Н.², Степанова Т.И.², к.т.н. доц. Гордеева Е.Л.³
¹Научный центр «Малотоннажная химия», ²ФГУП «ИРЕА»,
³Университет машиностроения

Аннотация. На базе концепции CALS разработана система компьютерного менеджмента качества химических противогололедных материалов (ПГМ). Прове-