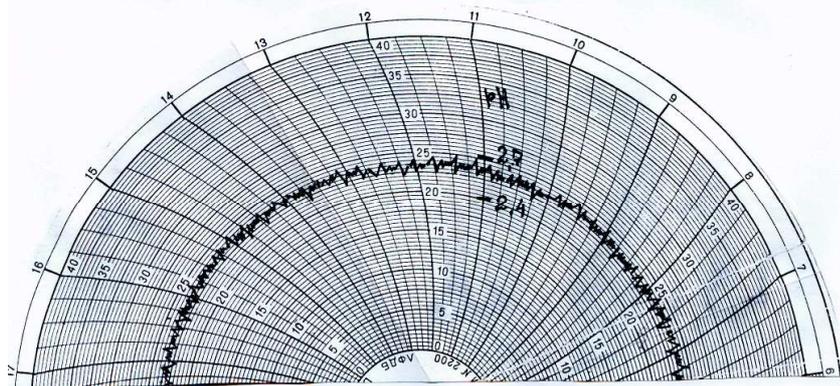
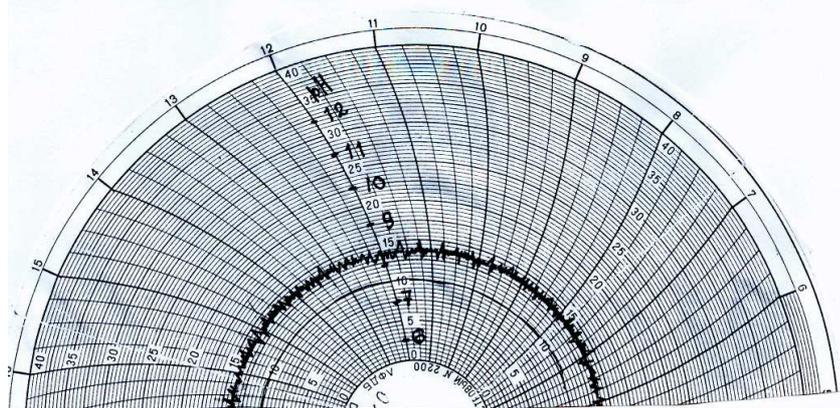


А



Б



В

Рис. А. Диаграмма индикации Cr^{6+} , в реакторе восстановления Cr^{6+} отработанными травильными растворами, содержащими «мешающий фон» железо (II) и железо (III)

Рис. Б. Диаграмма колебаний величины рН в реакторе восстановления Cr^{6+}

Рис. В. Диаграмма колебаний величины рН в реакторе нейтрализации всех видов сточных вод

Статья поступила в редакцию 09.02.2007

УДК 628.162.1

Житенёв Б.Н., Наумчик Г.О.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД АЛЬБ-СЕНОМАНСКОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА «СУХОЙ ФИЛЬТРАЦИЕЙ»

Введение

Источником коммунального водоснабжения г. Бреста является альб-сеноманский водоносный горизонт, который обладает большими напорами и ресурсами, хорошо защищен от загрязнения поверхностным стоком и сточными водами дру-

гого происхождения. Мощность его колеблется от 20 до 47 метров, глубина кровли изменяется от 175 до 285 метров. Площадь бассейна распространена в радиусе 200 км и более от Бреста. Химический состав подземных вод Альб-сеноманского горизонта приведен в таблице 1 [1].

Житенев Борис Николаевич, зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

Наумчик Григорий Остапович, ассистент кафедры водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

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

Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика

Таблица 1. Химический состав подземных вод альб-сеноманского горизонта

Компонент	Годы			
	1951-1966	1966-1967	1984-1986	1995
Сух. остаток при 110 °С, мг/л		170—270	260—310	270—280
Минерализация, мг/л		250—400	300—460	350—430
Гидрокарбонаты, мг/л	317—329	160—260	200—280	280—320
Сульфаты, мг/л	Нет	0—7	4—7	Нет
Хлориды, мг/л	4,9—6,0	3—9	6—15	5—7
Нитраты, мг/л	Нет	Нет	Следы	Нет
Нитриты, мг/л	Нет	Нет	Нет	Нет
Аммиак, мг/л	0,6—2,0	Нет	Нет — следы	1,0
Натрий, мг/л		10—20	8—20	8,4—10,8
Калий, мг/л		2—4	2—3	2,0—2,5
Кальций, мг/л		50—70	50—70	73—81
Магний, мг/л		3—6	4—6	2,7—4,0
Железо общее, мг/л	2,5—3,0	1,7—2,2	0,7—1,9	0,2—0,3
Жесткость общая, мг-экв/л	4,4—4,8	2,7—4,0	3,15—4,4	3,9—4,4
Водородный показатель, рН	7,2	7,2—7,3	7,0—7,5	6,8—7,0
Окисляемость, мг О ₂ /л	4,4—5,6	3-6	4—5	4,5—5
СО ₂ свободная, мг/л		0—4,4	4,4—8,8	8,8
Окись кремния, мг/л		5—10	11—15	10—12

По гидрохимическому типу воды относятся к гидрокарбонатно-кальциевым. Среди анионов преобладают гидрокарбонат-ионы (89...97%), а катионов кальция и натрия соответственно – 67...86% и 8...26%. В небольших количествах присутствуют хлориды, сульфаты, силикаты, калий, магний. Общая минерализация колеблется от 250 до 430 мг/л. По всем показателям вода альб-сеноманского водоносного горизонта соответствует требованиям СанПиН 10-124 РБ 99, за исключением содержания железа.

В настоящее время наиболее распространенными методами обезжелезивания подземных вод являются упрощенная и глубокая аэрация. Они нашли повсеместное применение в условиях республики Беларусь, однако им свойствен ряд недостатков. После аэрации, гидролиза и окисления образуется гидроксид железа (III), который задерживается на фильтрах с зернистой загрузкой. Периодически осуществляется их промывка. В результате образуются значительные объемы сильно загрязненной соединениями железа промывной воды. Рекомендуемые СНиП 2.04.02-84 методы обработки промывных вод неэффективны, отвод их после отстаивания в голову сооружений значительно снижает фильтроцикл и ухудшает качество фильтрата. В результате эксплуатационные организации отказываются от повторного использования промывных вод и сбрасывают их в водотоки. Промывные воды станции обезжелезивания водозабора Мухавецкий сбрасываются без очистки в реку Мухавец, Граевского водозабора – в мелиоративный канал и т.д. Это наносит урон водным объектам, и при этом теряются значительные объемы высококачественной подземной воды. Отмеченная проблема может быть решена двумя путями:

1. Разработкой новых высокоэффективных технологий обработки промывных вод;
2. Внедрение технологий обезжелезивания, при реализации которых образуется минимальный объем промывных вод.

Одним из перспективных способов обезжелезивания является метод «сухой фильтрации». Его достоинство – отсутствие или минимальные объемы промывных вод, поскольку продолжительность фильтроцикла составляет от нескольких месяцев до года [2]. При «сухой фильтрации» образуется дегидратированный и плотный кристаллический осадок оксидов

железа [3], в то время как при глубокой и упрощенной аэрации образуется рыхлый и влажный гидроксид железа (III) [5]. Вследствие этого прирост потерь напора в фильтрах, работающих по методу «сухой фильтрации», во много раз меньше, чем в фильтрах, работающих по методу упрощенной или глубокой аэрации [4]. Исследования показали, что при «сухой фильтрации» активно участвуют сорбционные процессы [2].

В настоящее время метод обезжелезивания воды «сухой фильтрацией» остается недостаточно изученным, нет обобщающих исследований, поэтому он не нашел широкого применения. Приведенные в литературе сведения немногочисленны и относятся к частным случаям.

Исследования обезжелезивания подземных вод альб-сеноманского водоносного горизонта «сухой фильтрации»

Целью работы является изучение эффективности обезжелезивания подземных вод альб-сеноманского водоносного горизонта методом «сухой фильтрации».

Для достижения указанной цели в октябре 2005 года на водозаборе № 5 (Южный) города Бреста была смонтирована экспериментальная установка, схема которой приведена на рисунке 1. Воздух воздуходувкой 1 подавался по трубопроводу 5 в верхнюю часть фильтровальной колонны, его расход регулировался с помощью крана на трубопроводе воздушного дренажа 2 и измерялся расходомером воздуха 3. Вода из скважины через счетчик воды 6 подавалась по трубопроводу к верхней части фильтра и через разбрызгивающую насадку 8 поступала в фильтровальную колонну 9, загруженную вспененным полистиролом. Избыток воздуха отводился через трубопровод 11. Отбор воды на анализ осуществлялся через патрубков 10. В качестве незаоупленной загрузки использовался вспененный полистирол. Перед заполнением фильтра для определения основных характеристик зернистого материала был выполнен ситовой анализ, (рис 2). Фильтрующая загрузка характеризовалась следующими параметрами: $d_{50}=1,6$ мм коэффициент неоднородности $K_n=d_{80}/d_{10} = 2,75$ и эквивалентный диаметр зерен вспененного полистирола $d_{эв.}=2,8$ мм.

В основе метода «сухой фильтрации» лежит процесс фильтрования водовоздушной смеси через незаоупленную зернистую фильтрующую загрузку путем нагнетания боль-

ших количеств воздуха с последующим отводом из поддонного пространства. При этом в поровых каналах загрузки образуется турбулентный режим движения водовоздушной смеси, что способствует высокоэффективному контакту воды с поверхностью зерен. На них при этом формируется адсорбционно-каталитическая пленка из соединений железа, ускоряющая процесс окисления и удаления железа из воды. Важнейшей особенностью образующейся пленки является высокая степень дегидративности, что обуславливает ее высокую плотность и малый объем, который в 5...6 раз меньше, чем адекватные по массе гидроксиды железа, образующиеся в затопленной загрузке [4]. Этим объясняется тот факт, что при методе «сухой» фильтрации прирост потерь напора в фильтрующей загрузке во много раз меньше, чем при упрощенной и глубокой аэрации. При этом соединения железа удаляются из воды в виде хорошо связанных с загрузкой окислов [2].

При проведении экспериментов исследовался процесс формирования адсорбционно-каталитической пленки на зернах вспененного полистирола, рис 6.

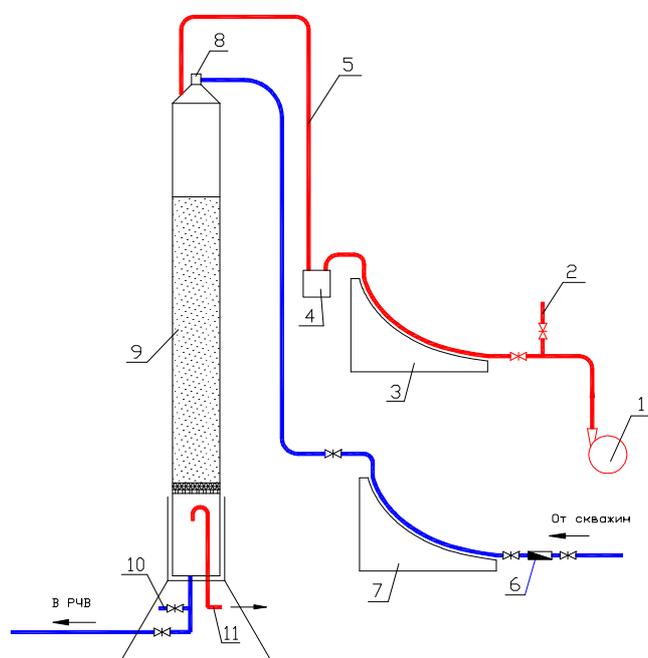


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

1. воздуходувка;
2. воздушный дренаж;
3. расходомер воздуха;
4. газовый счетчик;
5. трубопровод подачи воздуха
6. счетчик воды;
7. расходомер воды;
8. разбрызгивающая насадка;
9. фильтровальная колонна;
10. пробоотборник;
11. выпуск воздуха.

Содержание железа в исходной воде составляло 1,2...1,6 мг/л. Вначале эксперимента при отсутствии пленки загрузка работала неудовлетворительно, содержание железа в фильтрате составляло около 0,8 мг/л при продолжительности фильтрования 4 часа. Однако по истечении 40 часов (рис. 7,8) качество фильтрата улучшилось и соответствовало требованиям

СанПиН 10-124 РБ 99. Средняя скорость фильтрования поддерживалась в пределах 8 м/ч.

Продолжительность фильтроцикла определялась ростом потерь напора в загрузке и составляла около 20 суток, качество фильтрата при этом было стабильно высоким, содержание железа не превышало 0,2 мг/л. Водовоздушное соотношение составляло 3:1. Сравнительно небольшую продолжительность фильтроцикла можно объяснить недостаточной эффективностью процесса каталитического окисления и сорбции соединений железа в виде дегидротированных окислов, весьма вероятно, что параллельно идет процесс образования рыхлого и влажного гидроксида железа (III), который заполняет поры загрузки и увеличивает её сопротивление. Этот факт подтверждается и тем, что при водяной промывке происходит снижение потерь напора до первоначальных.

Заключение

1. В результате длительного эксперимента, продолжавшегося непрерывно 18 месяцев, доказана высокая эффективность обезжелезивания подземной воды альбсеноманского водоносного горизонта методом «сухой» фильтрации.
2. При фильтрующей загрузке из вспененного полистирола с параметрами: $d_{50}=1,6$ мм коэффициентом неоднородности $K_{н.}=d_{80}/d_{10} = 2,75$ и эквивалентном диаметре $d_{э.в.}=2,8$ мм, скорости фильтрования 8 м/ч достигался стабильный эффект обезжелезивания воды.
3. При водовоздушном соотношении 1:3 остаточное содержание железа составляло не более 0,2 мг/л, а продолжительность фильтроцикла – 20 суток.
4. Регламентирующим фактором, ограничивающим продолжительность фильтроцикла, являлись потери напора в фильтрующей загрузке, содержание железа в фильтрате при этом не превышало 0,3 мг/л.
5. Для увеличения продолжительности фильтроцикла необходимо создать такие условия процесса при которых в фильтре превалировали бы процессы каталитического окисления и сорбции, а не образование рыхлого и влажного гидроксида железа (III).

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Станкевич, Р.А. Артезианские воды Бреста и их использование: Природные условия, история освоения и пути прогресса.- Мн.:Адукацыя і выхаванне, 2004. – 184 с.
2. Сукасян, Б.Д. Исследование процесса обезжелезивания подземных вод методом водовоздушного фильтрования: автореф. дис. ...канд. технич. наук: 05.23.04 / Б.Д. Сукасян; инж.-строит. инст. им. В.В. Куйбышева – М., 1979. – 20 с.
3. Золотова, Е.Ф. Очистка воды от железа, марганца, фтора и сероводорода / Е.Ф. Золотова, Г.Ю. Асс. – Москва: Стройиздат, 1975. – 176 с.
4. Николадзе, Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод / Г.И. Николадзе. – Москва: Стройиздат, 1978. – 161 с.
5. Кульский, Л.А. Технология очистки природных вод / Л.А. Кульский, П.П. Строкач. – Киев: "Вища школа", 1986. – 352 с.
6. Драгинский, Л.П. Очистка подземных вод от соединений железа, марганца и органических загрязнений / Л.П. Драгинский, Л.П. Алексеева // Водоснабжение и сан. техника. – 1997. – № 12. – С. 16-19.

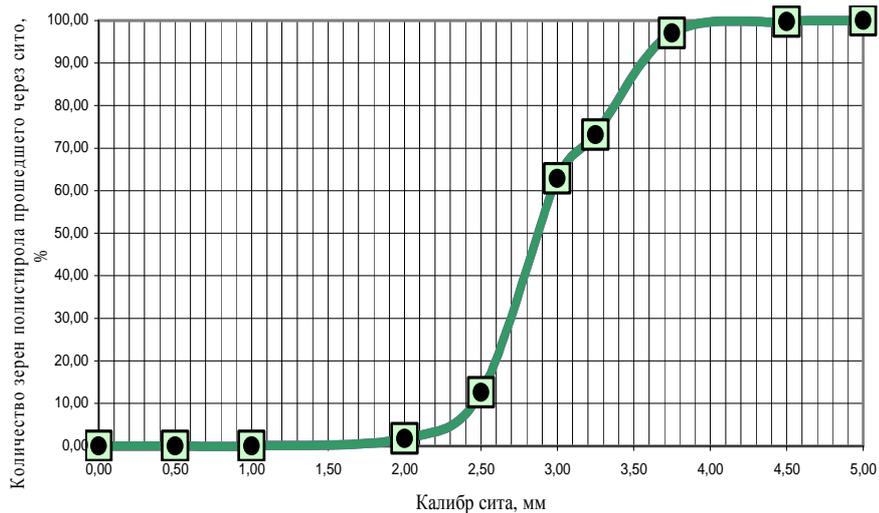


Рис. 2. Гранулометрический состав загрузки из вспененного полистирола



Рис. 3. Общий вид установки

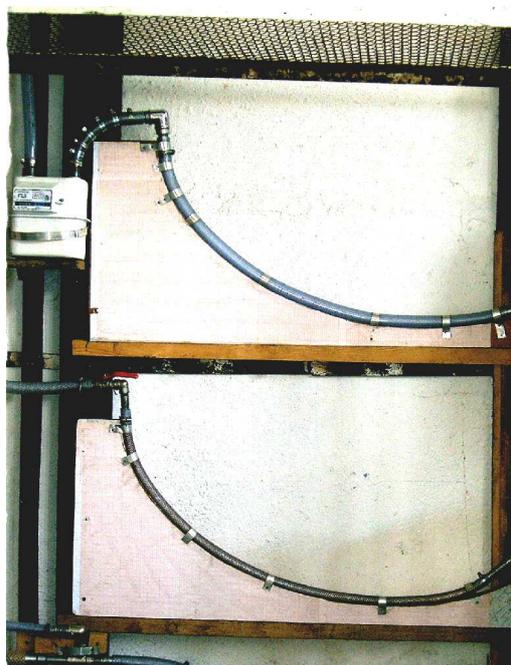


Рис. 4. Расходомеры воздуха и воды



Рис. 5. Воздуходувка

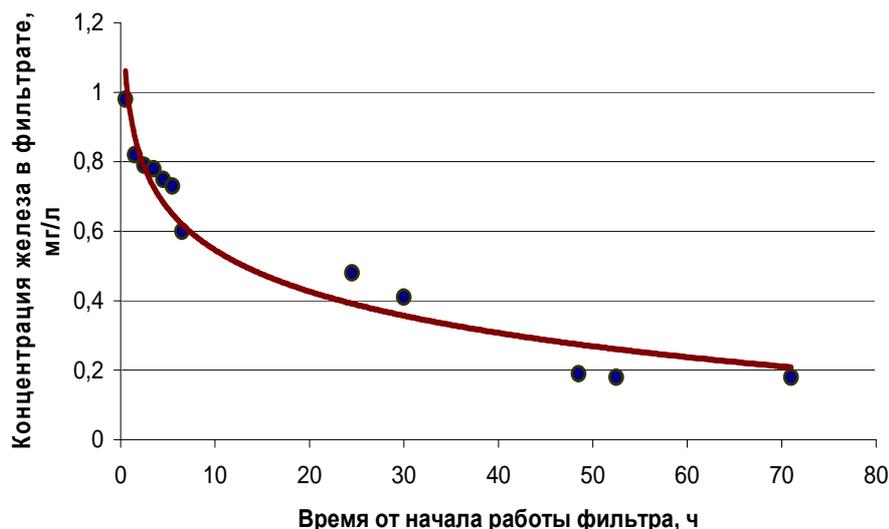


Рис. 6. Динамика «зарядки» загрузки из вспененного полистирола



Рис. 7. Вспененная загрузка, покрытая окислами железа



Рис. 8. Общий вид загрузки после непрерывной работы в течение 40 часов

Статья поступила в редакцию 02.05.2007

УДК 628.356

Пойта Л.Л.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Введение

Сточные воды городов очищаются, как правило, на станциях биохимической очистки. На очистные сооружения поступает смесь хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод.

В составе городских сточных вод на долю промышленных стоков приходится 30-40%, а иногда и более.

Промышленные сточные воды, подаваемые на городские биохимические сооружения, имеют разнообразный состав, который определяется многими факторами: видом производства и исходного сырья; режимом работы предприятия; совершенствованием технологических процессов; степенью предварительной очистки на локальных очистных сооруже-

ниях и др. Поэтому в зависимости от примесей производственных сточных вод состав городских стоков весьма разнообразен. Для большинства городов Республики Беларусь на настоящее время в среднем этот состав может иметь следующую характеристику: взвешенного вещества 180-270 мг/л, БПК₂₀ 214-380 мг/л, азот аммонийный 27-38 мг/л.

Чтобы избежать нарушений в работе городских очистных сооружений, разработан и действует нормативный документ «Правила приёма производственных сточных вод в системы канализации населённых пунктов» [1]. На его основании в систему канализации населённого пункта могут быть приняты производственные сточные воды, которые не вызывают нарушений в работе очистных сооружений.

Пойта Людмила Лаврентьевна, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

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

Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика