

## ВЫБОР МЕТОДА УМЯГЧЕНИЯ ВОДЫ В ГОРОДЕ БУТУРЛИНОВКА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

**Аннотация:** В статье рассматриваются различные методы умягчения воды, используются исходные данные по качеству забираемой воды из источника водоснабжения, обосновывается выбор того или иного метода.

**Ключевые слова:** умягчение воды, методы, реагентное хозяйство, общая жесткость, Na-катионирование, фильтры, установка, термический.

**Annotation:** The article examines various methods of water softening, uses the initial data on the quality of water taken from the water supply source, justifies the choice of one method or another.

**Key words:** water softening, methods, reagent facilities, total hardness, Na-cationization, filters, installation, thermal.

В рассматриваемом городе вода на хозяйственно-бытовые нужды и нужды промышленных предприятий забирается из артезианских скважин. Лабораторный анализ качества воды проводится раз в квартал. Согласно протоколу испытаний, приведем результаты анализа органолептических и химических показателей в табличной форме (табл. 1).

## Органолептические показатели

№ п/п	Определяемые показатели	Единицы измерения	Результаты испытаний	Величина допустимого уровня	НД на методы исследований
1	Запах	балл	0	не более 2	ГОСТ Р 57164-2016
2	Привкус	балл	0	не более 2	ГОСТ Р 57164-2016
3	Цветность	градус	6,3±1,9	не более 20	ГОСТ 31868-2012 (метод Б)
4	Мутность	ЕМФ(единицы мутности по фармазину)	Менее 1,0	не более 2,6	ГОСТ Р 57164-2016
Количественный химический анализ					
5	Жесткость общая	мг-экв/л (°Ж)	10,6±1,6	не более 7,0	ГОСТ 31954-2012
6	Железо (Fe, суммарно)	мг/дм <sup>3</sup> (л)	менее 0,05	не более 0,3	ГОСТ 4011-72 (метод А)
7	Марганец (Mn, суммарно)	мг/дм <sup>3</sup> (л)	0,03±0,01	не более 0,1	ГОСТ 4974-2014 (метод А вариант 2)
8	Нитраты, (по NO <sub>3</sub> )	мг/дм <sup>3</sup> (л)	0,7±0,1	не более 45,0	ГОСТ 33045-2014 (метод Б)
9	Фториды (F <sup>-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup> (л)	менее 0,08	не более 1,5	ГОСТ 4386-89 (метод А)
10	Аммиак и аммоний – ион (по азоту)	мг/дм <sup>3</sup> (л)	менее 0,1	не более 1,5	ГОСТ 33045-2014 (метод А)
11	Нитриты (по NO <sub>2</sub> )	мг/дм <sup>3</sup> (л)	менее 0,003	не более 3,3	ГОСТ 33045-2014 (метод Б)

Экспертное заключение по качеству забираемой воды: исследованная проба воды питьевой, отобранная из источника централизованного водоснабжения по санитарно-химическим показателям: жесткость общая превышает величину допустимого уровня в 1,5 раза, что не соответствует требованиям п. 3.4.1 СанПин 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода.» и создает угрозу жизни или здоровью человека.

Согласно полученным данным, необходимо предусматривать умягчение воды до допустимых требований СанПин пределов.

Рассмотрим существующие на данный момент и самые популярные методы, которыми может быть осуществлено умягчение воды по [1. Таблица Б.1]:

1. Реагентное умягчение;
2. Катионитовый;
3. Термический.

Для достижения лучшего результата целесообразно комбинировать эти способы. Нередко представляется возможным удалять часть солей жесткости реагентным способом, а остаток – катионирование, либо возможна комбинация реагентного умягчения с термическим способом умягчения воды. Для того, чтобы выбрать тот или иной метод умягчения, необходимо рассмотреть технологические схемы и характеристики, а также сравнить положительные и отрицательные качества каждого метода.

При реагентном методе умягчения следует использовать известковый и известково-содовый. Применяется для неглубокого умягчения исходной воды с общей жесткостью 5 – 35 мг-экв/л. Этим методом достигается предел возможного снижения жесткости воды при ее подогреве до 0,2-0,4 мг, и без подогрева до 0,5-1 мг. Желательная температура исходной воды не должна превышать 20°C если не подогревать воду, и 80-90°C если воду подогревать. Из всего перечня реагентов, наибольшее распространения получил известково-содовый способ умягчения.

Суть метода заключается в следующем: в воду вводятся реагенты; известь устраняет карбонатную и магниальную жесткости, соли  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  переводят в малорастворимое соединение  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , которые выпадают в осадок; сода для устранения некарбонатной жесткости.

Для умягчения воды реагентным методом необходимо предусматривать: устройства для приготовления и дозирования растворов реагентов; смесители для перемешивания реагентов с водой; камеры хлопьеобразования для удаления осадка; осветлители со взвешенным осадком; фильтры. При этом, в зависимости

от производительности станции водоподготовки предусматривается мокрое (предусматриваются бак хранилище, растворные и расходные баки) или сухое (растворные и расходные баки, склад) хранение реагентов.

Марку и вид используемых реагентов необходимо предусматривать в соответствии с их характеристиками в зависимости от периода года и качества исходной воды. В ходе эксплуатации и наладки станции водоподготовки необходимо предусматривать корректировку и, при необходимости, замену используемых реагентов.

Данный метод умягчения воды отлично справляется с различными видами жесткости воды принимая во внимания различные характеристики реагентов. Также, представленный метод предусматривает осветление исходной воды. Концентрация остаточного реагента в обработанной воде при прохождении через фильтры снижается до отметки 0,2-1 мг, что может обеспечивать надлежащее качество воды при ее транспортировке к потребителю (при попадании загрязнений в виду изношенных и потрескавшихся труб). Но это же преимущество является и недостатком. Остаточный хлор в воде оседает в организме человека и не выводится на протяжении всей его жизни, что может сильно сказываться на здоровье. Поэтому в настоящее время люди изобретают новые способы фильтрации воды для уменьшения концентрации остаточного хлора.

Рассмотрим следующий метод Na-катионирования. Суть данного метода заключается в фильтровании жесткой воды через мелкозернистую загрузку, в которой происходит обмен катионов натрия на катионы кальция солей жесткости. В зависимости от исходной жесткости воды предусматривают одноступенчатую или двухступенчатую установку Na-катионирования. Объем фильтров и высоту фильтрующей загрузки предусматривают в зависимости от качества исходной воды и производительной мощности станции. При эксплуатации катионитовых фильтров со временем загрузка теряет свою обменную способность. В таких случаях предусматривают регенерацию катионитовой загрузки раствором поваренной соли.

При прохождении через Na-катионитовые фильтры на выходе вода имеет повышенную щелочность. В таких случаях применяют установку Н – Na-катионирования. Принцип работы тот же, что и при прохождении Na-катионитового фильтрования, за исключением наличия катионов водорода, которые не только удаляют из воды катионы жесткости, но и одновременно снижают щелочность воды.

Данный метод предусматривает снижение жесткости воды до 0,03-0,05 мг-экв/л при одноступенчатом, и до 0,01 мг-экв/л при двухступенчатом фильтровании. Этот показатель намного лучше, чем при использовании реагентного хозяйства, да и в принципе с умягчением метод Na-катионирования справляется замечательно + никаких остаточных содержаний химических элементов, которые могут навредить здоровью человека. Единственную сложность вызывает эксплуатация, а именно регенерация фильтрующей загрузки и ее замена.

Термический же способ умягчения заключается в нагреве воды до 100°C и ее кипячении, что устраняет всю карбонатную и часть некарбонатной жесткости в воде. Данный метод целесообразно применять для питания паровых котлов, испарителей и парообразователей. При большой производительности станции использование данного метода очень затруднено, потому что необходимы большие мощности, чтобы нагреть необходимый объем воды и поддерживать ее кипение. При этом, даже в домашних условиях мы можем заметить последствия кипячения жесткой воды в виде накипи на чайниках, которую весьма затруднительно устранить, не говоря уже о емкостях промышленных масштабов.

Принимая во внимание исходное качество воды и рассмотренные выше методы ее умягчения, я считаю, что более рационально использовать метод Na-катионирования с двухступенчатой последовательной схемой фильтрования, при которой вода пройдет фильтрацию через фильтры I-ой ступени, после через фильтры II-ой ступени. Общая жесткость исходной воды  $J_0=10$  мг – экв/л, суточная производительность станции водоподготовки равна 9012,5 м<sup>3</sup>/сут. Подкрепим выбранный метод некоторыми расчетами установок для фильтрования.

Для фильтров I ступени проведем подбор необходимого оборудования, который зависит от количества катионов жесткости, поступающие на фильтры, а так же необходимо учитывать значение  $E_{\text{раб}}$  – рабочей обменной способности катиона в г – экв/м<sup>3</sup>, которую для Na-катионитовых фильтров определим по формуле В. А. Клячко:

$$E_{\text{раб}} = \alpha_3 * \beta_{Na} * E_{\text{полн}} - 0,5 * q * Ж_0,$$

где  $\alpha_3$  – коэффициент эффективности регенерации, который учитывает неполноту регенерации катионита и равен отношению концентрации катионита натрия в катионите после его регенерации к величине полной обменной способности катионита. Величину  $\alpha_3$  определяем по графику [2. Рис. XIV – 15]. Принимаем значение  $\alpha_3 = 0,81$ .

$\beta_{Na}$  – коэффициент, учитывающий снижение обменной способности катионита по катионам  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  вследствие того, что катионитом задерживаются частично и катионы натрия. Значение коэффициента эффективности определим по графику [2. Рис. XIV – 16]. Принимаем значение  $\beta_{Na} = 0,9$ .

$q$  – удельный расход осветленной воды на отмывку катионита, принимаем 5 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> катионита;

$E_{\text{полн}}$  – полная обменная способность катионита, в г – экв/м<sup>3</sup> по табл. [ссылка XIV – 2] принимаем 500 г – экв/м<sup>3</sup>;

$$E_{\text{раб}} = 0,81 * 0,9 * 500 - 0,5 * 5 * 10,6 = 338 \text{ г – экв/м}^3;$$

Принимаем высоту фильтрующего слоя  $h_k = 2$  м, площадь фильтрования одного фильтра составляет 1,77 м<sup>2</sup>. Принимаем 8 рабочих фильтра типа ФИПа I-1,5-0,6 Na диаметром 1500 мм и 2 резервных. Характеристики фильтра:

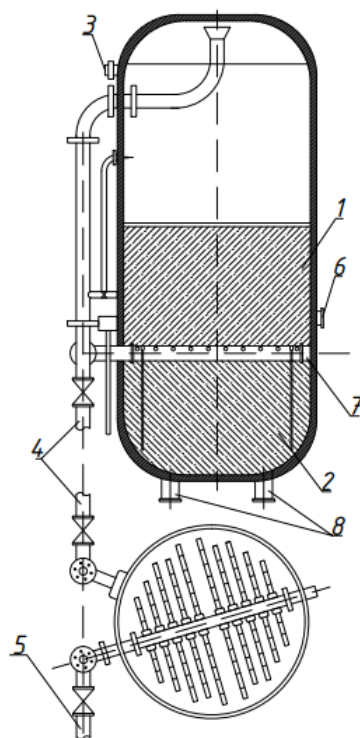
Рабочее давление, МПа: 0,6;

Условный диаметр фильтра, мм: 1500;

Высота фильтрующего слоя, мм: не более 2000;

Масса комплекта, кг: 1570.

Строение фильтра представлено на рисунке 1.



**Рисунок 1. Строение Na-катионитового фильтра I ступени**

1 – катионит; 2 – бетон; 3 – подача регенерационного раствора; 4 – вход обрабатываемой воды; 5 – выход обрабатываемой воды; 6 – лаз для гидравлической выгрузки катионита; 7 – цементная подливка; 8 – подача и спуск промывочной воды.

Для регенерации фильтра предусматриваем баки солерастворителя, 1 рабочий и 1 резервный. Нам потребуется необходимый объем раствора соли в размере 0,5 м<sup>3</sup>.

Расчет фильтров II ступени так же зависит от количества катионов жесткости и рабочей обменной способности катиона:

$$E_{\text{раб}} = \alpha_{\text{э}} * \beta_{\text{Na}} * E_{\text{полн}}$$

где  $\alpha_{\text{э}} = 0,9$ ;

$\beta_{\text{Na}} = 0,54$ ;

$E_{\text{полн}} = 500 \text{ г – экв/м}^3$ ;

$$E_{\text{раб}} = 0,9 * 0,54 * 500 = 243 \text{ г – экв/м}^3$$

Скорость фильтрования на фильтрах II ступени равна 50 м/ч. Для более эффективной эксплуатации принимаем однотипное оборудование: 4 фильтра диаметром 1500 мм с высотой загрузки 1,5 м. Объем катионита:  $2 * 1,5 * 8 = 24 \text{ м}^3$ .

В качестве загрузки фильтра принимаем сульфуголь, синтетические смолы, типа КУ-1. Подбираем фильтры типа ФИПа II-1,5-0,6 Na со следующими характеристиками:

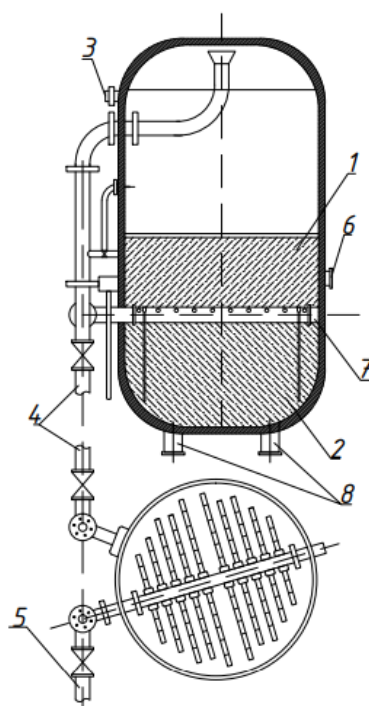
Рабочее давление, МПа: 0,6;

Условный диаметр фильтра, мм: 1500;

Высота фильтрующего слоя, мм: 1500;

Масса комплекта, кг: 1510.

Строение фильтра представлено на рисунке 2.



**Рисунок 2. Строение Na-катионитового фильтра II ступени**

1 – катионит; 2 – бетон; 3 – подача регенерационного раствора; 4 – вход обрабатываемой воды; 5 – выход обрабатываемой воды; 6 – лаз для гидравлической выгрузки катионита; 7 – цементная подливка; 8 – подача и спуск промывочной воды.

Для этих фильтров принимает 1 рабочий солерастворитель и 1 резервный. Объем сульфуголя для второй ступени натри-катионитовых фильтров составит 10,62 м<sup>3</sup>.

Для простоты монтажа и эксплуатации принимаем однотипные установки солерастворителя для фильтров I и II ступени, диаметром 670 мм.



Вывод: Таким образом мною были описаны представленные методы умягчения воды, был обоснован выбор Na-катионитовых основываясь на исходные данные, был произведен минимальный расчет фильтров.

#### **Библиографический список:**

1. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84\* (с Изменениями N 1-5).
2. Кожин В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты: Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., репринтное. – М.: ООО «БАСТЕТ», 2008. – 304 с.: ил.