

УДК 621.182.12: 628.16.

ПУТИ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ЩЕЛОЧИ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ АНИОНИТНЫХ ФИЛЬТРОВ

ФЕЙЗИЕВ И.Г.

Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет

При двухступенчатом способе обессоливания воды анионы сильных кислот сорбируются на первой ступени анионирования, загруженные слабоосновными или высокоосновными анионитами второго типа, а анионы слабых кислот и ионы хлора, проскочившие из первой ступени анионирования, сорбируются на второй ступени, загруженные высокоосновными анионитами. На первой ступени сорбируются 1 ÷ 5 мг-экв/л и более, а на второй в среднем 0,2 ÷ 0,3 мг-экв/л анионов.

Отметим, что, применяя метод «развитой» регенерации, анионитные фильтры первой ступени можно регенерировать практически со стехиометрическим расходом щелочи [1,2].

Однако, как будет указано ниже, для некоторых типов вод избыток щелочи от регенерации второй ступени оказывается значительно больше, чем требуется для регенерации первой ступени со стехиометрическим расходом щелочи.

По нормативным данным [3,4] удельный расход щелочи для регенерации анионитных фильтров второй ступени, загруженных анионитом АВ-17-8, составляет 80-120 кг/м³, а рабочая емкость поглощения 180 ÷ 220 г·экв/м³. В среднем можно принять, что удельный расход щелочи составляет 100 кг/м³ или 12,5 г-экв/г-экв, а объемная емкость 200 г-экв/м³.

Таким образом, для достижения рабочей обменной емкости по анионам слабых кислот порядка 200 г-экв/м³ и получения требуемого качества фильтрата по содержанию кремнекислоты в обессоленной воде, кратность расхода щелочи на регенерацию анионитного фильтра второй ступени должна быть не менее 12,5.

Таким образом, с учетом регенерации анионитного фильтра первой ступени отработанным щелочным раствором от второй ступени, условие обеспечения достаточной степени регенерации анионитного фильтра второй ступени можно выразить в следующем виде:

$$\frac{P_{щ}}{A_{сл.к}} = \frac{(A_{с.к.} + A_{сл.к}) \cdot K_{щ}}{A_{сл.к}} \geq 12,5 \quad (1)$$

где, $P_{щ}$ – общий расход щелочи для регенерации анионитных фильтров первой и второй ступени химобессоливающей установки, мг-экв/л.

$A_{с.к.}$, $A_{сл.к.}$ – концентрация анионов сильных и слабых кислот, сорбируемых в анионитных фильтрах первой и второй ступени, мг-экв/л.

$K_{щ}$ – кратность расхода щелочи для регенерации анионитных фильтров химобессоливающей установки, г-экв/г-экв.

По данным [3] кратность расхода щелочи для регенерации прямоточных анионитных фильтров, работающих по двухступенчатой параллельной схеме, составляет 2-3 г-экв/г-экв.

Решая уравнение (1) относительно $A_{с.к.}$, получим:

$$A_{с.к.} \geq \frac{12,5 \cdot A_{сл.к.}}{K_{щ}} - A_{сл.к.} \quad (2)$$

Результаты расчетов, произведенных по формуле (2) и показанные на рисунке, представляют зависимость необходимой кратности расхода щелочи на анионитных фильтрах химобессоливающей установки для обеспечения требуемой степени регенерации анионитного фильтра второй ступени, работающей по прямоточной схеме, от концентрации анионов сильных кислот в Н-катионированной воде при различных значениях концентрации анионов слабых кислот, поступающих на анионитные фильтры второй ступени. Представленные на рисунке кривые 1; 2; 3 соответствуют значениям анионов слабых кислот, поступающих на анионитный фильтр второй ступени – 0,2; 0,3; и 0,4 мг-экв/л, соответственно.

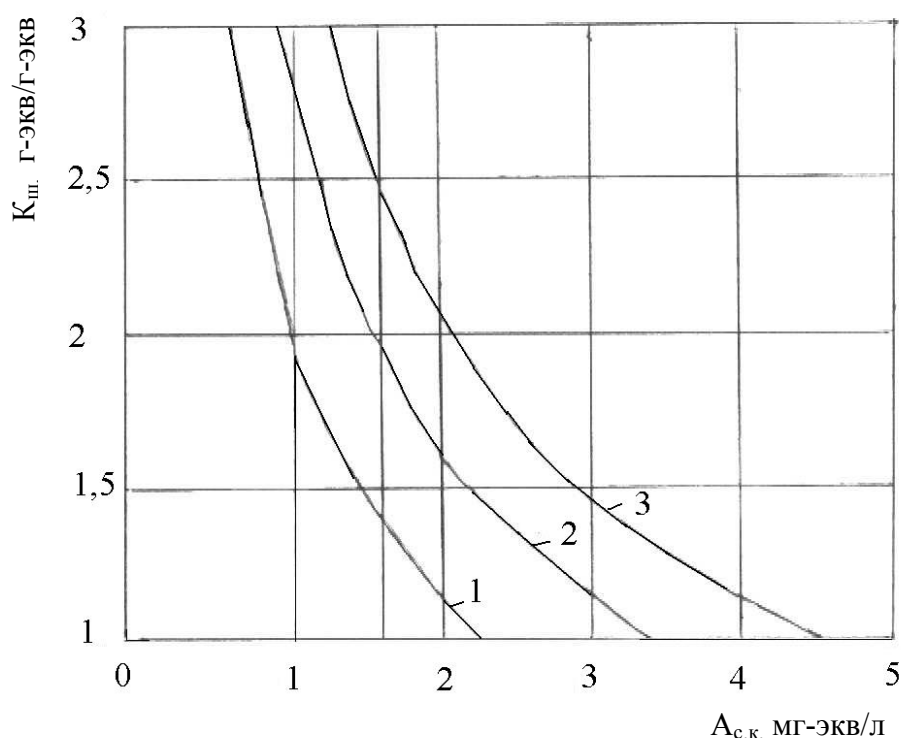


Рис. Зависимость необходимой кратности расхода щелочи от концентрации анионов сильных кислот

Как следует из этого рисунка, с понижением концентрации анионов сильных кислот и повышением концентрации слабых кислот значение необходимой кратности расхода щелочи для регенерации анионитных фильтров химобессоливающей установки повышается. При концентрации анионов сильных кислот 1,6 мг-экв/л и при значениях анионов слабых кислот 0,2; 0,3 и 0,4 мг-экв/л необходимые кратности расхода щелочи на химобессоливающей установке для обеспечения достаточной степени регенерации анионитного фильтра второй ступени, составляют 1,4; 2 и 2,5 г-экв/г-экв соответственно.

Из рисунка также видно, что при стехиометрическом расходе щелочи на общую регенерацию анионитных фильтров первой и второй ступени, т.е. $K_{щ} = 1$ г-экв/г-экв, значение анионов сильных кислот в Н-катионированной воде при значениях $A_{сл.к.} = 0,2$; 0,3 и 0,4 мг-экв/л, должно быть больше $A_{с.к.} \geq 2,3$; 3,4 и 4,6 мг-экв/л, соответственно.

Из вышеизложенного следует, что даже при стехиометрическом расходе щелочи на регенерацию анионитного фильтра первой ступени для многих составов вод, из-за необходимости обеспечения требуемой степени регенерации анионитного фильтра второй ступени приходится на установку химобессоливания расходовать щелочи значительно больше стехиометрического значения. Поэтому, необходимо применять такие технологические решения, которые позволили бы снизить требуемый удельный расход щелочи для регенерации анионитного фильтра второй ступени.

Отмеченные выше положения относятся к параллельной схеме двухступенчатого обессоливания воды, где отработанным щелочным раствором анионитного фильтра второй ступени можно отрегенировать два, или даже три анионитных фильтра первой ступени. В блочных двухступенчатых химобессоливающих установках положение осложняется тем, что регенерационный раствор щелочи последовательно пропускается через вторую, а затем через первую ступень. При одинаковых объемах, вторая ступень анионитного фильтра, сорбирующая в основном анионы слабых кислот, может обрабатывать в несколько раз больше воды, чем первая ступень. При этом, из-за быстрого истощения анионитного фильтра первой ступени по ионам сильных кислот, установку приходится останавливать на регенерацию, несмотря на то, что анионитный фильтр второй ступени еще не истощен по ионам слабых кислот. По этой причине для регенерации анионитных фильтров второй и первой ступени химобессоливающей установки, работающих по блочному принципу, требуется больше щелочи, чем для установки, работающей по параллельной схеме.

Из положения можно было бы выйти, если уменьшить объем анионита во второй ступени до величины, когда через него будет проходить 100 кг/м^3 щелочи.

При одинаковом диаметре фильтров первой и второй ступени объем анионита может настолько уменьшиться, что высота загрузки на второй ступени будет меньше допустимой, а при уменьшении диаметра фильтра скорость фильтрования может настолько увеличиться, что будет отрицательно влиять на процесс анионирования с точки зрения уменьшения рабочей обменной емкости и ухудшения качества фильтрата. Предположим, что обменная емкость анионита на первой ступени составляет 900 г-экв/м^3 , а на второй 200 г-экв/м^3 . Значение анион сильных и слабых кислот составляет $3,4$ и $0,25 \text{ мг-экв/л}$. При этом на 1 м^3 анионита можно получить на первой ступени 267 м^3 , на второй 800 м^3 , т.е. на второй ступени получается в 3 раза больше обработанной воды. Если принять высоту загрузки анионита на первой ступени $1,5 \text{ м}$, то при одинаковом диаметре фильтров высота загрузки анионита на второй ступени составит $0,5 \text{ м}$. По нормам технологического проектирования высота загрузки анионита на второй ступени должна быть не ниже $0,8 \text{ м}$. Кроме того, при скорости фильтрования на первой ступени 20 м/ч , при одинаковых высотах загрузки анионитов на первой и второй ступени, скорость фильтрования на второй ступени составит 60 м/ч . Ситуацию можно исправить, если блочная химобессоливающая установка будет работать с проскоком ионов на первой ступени, и на второй ступени анионирования будут поглощаться также частично ионы хлора, но при этом катионитный фильтр второй ступени должен работать по противоточной схеме.

Для существенного снижения удельного расхода щелочи на регенерацию анионитного фильтра второй ступени можно применять динамический способ «развитой» регенерации, а для резкого снижения удельного расхода щелочи необходимо в качестве второй ступени использовать двухпоточно-противоточные фильтры с регенерацией по двухпоточной схеме [1;5].

По методу «развитой» регенерации два анионитных фильтра второй ступени последовательно по направлению сверху вниз регенируются раствором щелочи. Отмывка фильтров от продуктов регенерации продолжается до полной отмывки только первого фильтра по линии регенерации. После этого первый фильтр включается в работу, а второй оставляется для парной регенерации со вновь истощенным фильтром. Причем, вто-

рой фильтр при предыдущей регенерации становится первым при последующей [5]. По такой методике регенерации расход щелочи на регенерацию анионитных фильтров второй ступени можно снизить на 30-40%, при этом качество фильтрата и рабочая обменная емкость анионитов останутся на прежнем уровне [4,5].

Применение динамического метода «развитой» регенерации экономически более целесообразно, чем применяющийся в настоящее время метод ступенчато – противоточного анионирования на вторых ступенях. Если при динамическом методе «развитой» регенерации необходим лишь один дополнительный фильтр, то при ступенчато-противоточном методе количество дополнительных фильтров равно количеству вторых ступеней анионитных фильтров, т.е. в несколько раз больше. Кроме того, существенно упрощается схема установки, а главное, появляется возможность быстрого внедрения на действующих установках.

Если принять, что при применении динамического метода «развитой» регенерации удельный расход щелочи снижается в среднем на 35%, то уравнение (2) примет вид:

$$A_{с.к.} \geq \frac{8,1 \cdot A_{сл.к.}}{K_{щ}} - A_{сл.к.} \quad (3)$$

Для обеспечения стехиометрических значений расхода щелочи на установку, т.е. $K_{щ}=1$ и при значениях анионов слабых кислот $A_{сл.к.}=0,2; 0,3$ и $0,4$ мг-экв/л значение анионов сильных кислот в Н-катионированной воде должно быть не ниже $1,4; 2,1$ и $2,8$ мг-экв/л.

Радикальным методом снижения удельного расхода щелочи при регенерации анионитных фильтров второй ступени и одновременно существенного повышения рабочей обменной емкости этих фильтров является применение двухпоточно-противоточных фильтров на вторых ступенях анионирования. Проведенные в лабораторных и промышленных условиях сотрудниками Аз ИСУ исследования показали, что удельный расход щелочи на регенерацию анионитного фильтра второй ступени можно снизить от $12,5-15$ г-экв/г-экв (работающих в настоящее время прямоточных фильтров) до $3 \div 5$ г-экв/г-экв при переходе на работу с двухпоточно-противоточными фильтрами. Если в качестве второй ступени анионирования использовать двухпоточно-противоточный фильтр и удельный расход щелочи на его регенерацию принять в среднем равным четырем, то уравнение (3) примет вид:

$$A_{с.к.} = \frac{4 \cdot A_{сл.к.}}{K_{щ}} - A_{сл.к.} \quad (4)$$

При стехиометрическом расходе щелочи на установку, т.е. $K_{щ}=1$ и при значениях $A_{сл.к.}=0,2; 0,3; 0,4$ мг-экв/л значение $A_{с.к.}$ в Н-катионированной воде составляет $0,6; 0,9$ и $1,2$ мг-экв/л. Рабочая обменная емкость анионита при двухпоточно-противоточном режиме регенерации получается значительно выше $400-500$ г-экв/м³. против 200 г-экв/м³ при прямоточном режиме. Кроме того, среднеостаточная концентрация кремнекислоты за фильтроцикл составляет $5-15$ мг/л, против $50-60$ мг/л при прямоточном режиме.

Большой удельный расход щелочи для регенерации анионитного фильтра второй ступени и относительно низкая рабочая обменная емкость при прямоточной схеме работы объясняется тем, что при сорбции анионов слабых кислот поглощенная верхним слоем анионита кремнекислота по мере его истощения не вытесняется углекислотой, чего следовало бы ожидать согласно ряду селективности высокоосновных анионитов. Верхний слой анионита пересыщается кремнекислотой, происходит частичная поляризация и к моменту выхода анионита на регенерацию он забивается полимерными формами кремнекислоты. Когда регенерационный раствор щелочи поступает в верхний

слой анионита, то сначала происходит растворение полимерных форм кремнекислоты, затем отмывка анионита от продуктов растворения. При этом, растворенная в верхних слоях кремнекислота может поглощаться или даже выпадать в нижних слоях в полимерном виде. После уже происходит ионообменное вытеснение сорбированной кремнекислоты.

При использовании двухпоточно-противоточного фильтра снижение удельного расхода щелочи на регенерацию и существенное повышение рабочей обменной емкости анионита по сравнению с прямоточным фильтром можно объяснить следующим образом. Регенерационный раствор щелочи в двухпоточный фильтр подается сверху и снизу, отводится из среднего распределительного устройства (СРУ), вследствие чего деполимеризованная часть кремнекислоты верхних слоев анионита, выходя через СРУ, не попадает в нижние слои и предотвращается загрязнение этих слоев. Кроме того, слой анионита под СРУ регенерируется по противотоку и слои анионита, соприкасающиеся с анионированной водой в последнюю очередь, очень хорошо регенерируются концентрированным свежим раствором щелочи.

Эффективность регенерации анионитного фильтра второй ступени можно еще повысить, если учесть, что глубокая регенерируемость всего слоя анионита зависит от степени регенерации верхних заполимеризованных слоев анионита, расположенных над СРУ, которые можно предварительно регенерировать отработанным регенерационным раствором щелочи от предыдущей регенерации. Верхнюю часть анионита, расположенную над СРУ, предварительно можно регенерировать отработанным раствором щелочи с подачей сверху вниз и отводом из СРУ, либо с подачей отработанного раствора в СРУ и предварительную регенерацию осуществлять в режиме взрыхления. В этом случае рабочая обменная емкость увеличивается, и удельный расход свежей щелочи для регенерации анионитного фильтра второй ступени снижается до $1,5 \div 3$ г-экв/г-экв.

Резюмируя вышеизложенное, можно прийти к выводу, что, независимо от соотношения анионов слабых кислот к сумме всех анионов в поступающей на химобессоливающую установку воде при совместной регенерации анионитных фильтров обеих ступеней по разработанным технологиям, возможно снижение удельного расхода щелочи на анионитную часть установки до стехиометрических величин.

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика определения условий, обеспечивающих достаточную степень регенерации анионитного фильтра второй ступени при совместной регенерации анионитных фильтров второй и первой ступени.
2. Установлено, что с понижением концентрации анионов сильных кислот в Н-катионированной воде и повышением концентрации анионов слабых кислот перед анионитным фильтром второй ступени, значение необходимой кратности расхода щелочи для регенерации анионитных фильтров первой и второй ступени повышается.
3. Установлено, что при стехиометрическом расходе щелочи на общую регенерацию анионитных фильтров первой и второй ступени, т.е. $K_{щ} = 1$ г-экв/г-экв, значение анионов сильных кислот в Н-катионированной воде, при значениях $A_{сл.к} = 0,2; 0,3$ и $0,4$ мг-экв/л, должно быть $A_{с.к.} \geq 2,3; 3,4$ и $4,6$ мг-экв/л при прямоточной регенерации, и $A_{с.к.} \geq 0,6; 0,9$ и $1,2$ мг-экв/л при двухпоточной регенерации анионитных фильтров второй ступени.

-
1. *Фейзиев Г.К.* Высокоэффективные методы умягчения, опреснения и обессоливания воды. М. Энергоатомиздат. 1988 с.192.

2. *Джалилов М.Ф.* Химическое обессоливание воды на ТЭС с сокращенными количествами реагентов и стоков. Баку. ЭЛМ. 1996. с.150.
3. Методические указания по применению ионитов на ВПУ тепловых электрических станций. РДЗ4.37.526-94; М. 1994с. 43.
4. Справочник химика энергетика, «Энергия». М. 1972. с.455.
5. *Фейзиев И.Г.* Комбинированные методы обессоливания и умягчения воды. Баку. Элм, 1999, с.191.

ANİONİT SÜZGƏCLƏRİNİN REGENERASIYASINA VERİLƏN QƏLƏVİ SƏRFİNİN AZALDILMA YOLLARI

FEYZİYEV İ.Q.

İkinci pillə anionit süzgəcinin işləvin qələvi məhlulu ilə birinci pillə anionit süzgəcinin regenerasiya edilməsi nəzərə alınmaqla ikinci pillə anionit süzgəcinin kifayət dərəcədə regenerasiya edilməsi şərti aydınlaşdırılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, qüvvətli turşu anionlarının qatılığı azaldıqca və zəif turşunun qatılığı çoxaldıqca kimyəvi duzsuzlaşdırma qurğusunun anionit süzgəclərinin regenerasiyasına tələb olunan qələvi sərfi dəfəliyinin qiyməti çoxalır.

PATHS OF DROP OF CHARGE ALKALI FOR REGENERATION ANIONIT FILTERS

FEYZİYEV I.G.

In view of regeneration anionit filter of first step completed the alkaline solution from second step detects condition ensuring sufficient degree of regeneration anionit filter of second step. Is established (installed), that with lowering of concentration anions force acids and raise of concentration of weak acid, the value of necessary multiplicity of charge of alkali for regeneration anionit of filters chemical installations without salt raises.