

**Н.Р. Асланзаде**

## **Н-КАТИОНИРОВАНИЕ ВОДЫ С СОКРАЩЕННЫМ КОЛИЧЕСТВОМ РЕАГЕНТОВ И СТОЧНЫХ ВОД НА ДВУХПОТОЧНО-ПРОТИВОТОЧНЫХ ФИЛЬТРАХ**

*Разработана новая технология Н-катионирования воды с сокращенным количеством реагентов и сточных вод. Согласно этой технологии глубокое умягчение Н-катионированной воды с целью сокращения количества кислоты на регенерацию и образуемых при этом сточных вод происходит в фильтре, где осуществляется процесс Н-катионирования.*

**Ключевые слова:** катионит, обессоливание воды, регенерация, умягчение.

**Введение.** При химическом обессоливании воды по схеме с сокращенными расходами реагентов и сточных вод, с целью уменьшения удельного расхода кислоты на регенерацию до теоретических значений, катионит перед регенерацией раствором кислоты должен находиться в натриевой форме. Обеспечение указанного условия обычно достигается умягчением обессоливаемой воды [1, 2]. Этот процесс осуществляется на отдельно взятой бессточной умягчительной установке, либо же на На-катионитных фильтрах.

В результате использования двухпоточно-противоточных фильтров и соответствующих технологий на водоподготовительных установках удалось снизить удельные расходы реагентов на регенерацию ионитов при химическом обессоливании воды практически до теоретических значений [3 – 6]. Отработанные умягченные регенерационные растворы (ОРР) Н- и ОН-ионитных фильтров могут быть утилизированы. При этом обеспечивается сокращение количества реагентов и образующихся сточных вод. Однако получить натриевую форму катионита можно более простым способом. Для этого воду после известкования или коагуляции пропускают через Н-катионитный фильтр. Процесс регенерации осуществляется следующим образом: через катионитный фильтр сначала пропускают раствор хлорида натрия, затем катионит регенерируют практически расчетным количеством кислоты. Раствор соли и кислоты пропускают через противоточные фильтры, как правило, снизу вверх. Обычно это происходит на противоточных фильтрах с "зажатым слоем" катионита [7], для чего используют воду, которая разбавляет ОРР и увеличивает объем сточных вод.

Учитывая изложенное, нами разработана новая технология Н-катионирования воды на двухпоточно-противоточных фильтрах. При этом слои

© Н.Р. АСЛАНЗАДЕ, 2011

катионита, расположенные над и под средним распределительным устройством (СРУ), работают, соответственно, в режиме умягчения и Н-катионирования. Подаваемая на обработку вода сначала поступает в верхнюю часть двухпоточно-противоточного фильтра, где подвергается Na-катионированию, после чего умягченная вода поступает в нижнюю часть фильтра. Верхние и нижние слои катионита регенерируются соответственно раствором хлорида натрия и кислоты. При этом регенерация этих слоев катионита осуществляется одновременно. Тем самым обеспечивается их "зажатие" и предотвращается перемешивание хорошо отрегенированных с плохо отрегенированными слоями, расположенными немного выше. При регенерации катионита по предложенной технологии кислота сначала проходит через слои катионита, которые уже находятся частично в Н-форме, поэтому их регенерация проходит более эффективно. В результате повышается степень очистки Н-катионированной воды.

Следует отметить, что если раствор хлорида натрия пропускают непосредственно через слои катионита, где осуществляется Н-катионирование, то ионы натрия "загрязняют" нижние слои, оставшиеся недоистощенными после проскока в Н-катионированной воде ионов натрия. Поэтому при регенерации этих слоев раствором кислоты степень регенерации катионита меньше, чем при его работе по предложенной технологии. Кроме того, происходят потери Н-ионов, оставшихся в катионите по окончании процесса Н-катионирования воды.

Применение предлагаемой технологии регенерации позволяет уменьшить количество оборудования на обессоливающей установке, снизить капиталовложения и стоимость получаемой обессоленной воды. Однако, как уже было отмечено, применение предлагаемой технологии требует четкого соблюдения режимов процесса. Самым главным условием, обеспечивающим эффективную регенерацию катионита, является одновременное начало и конец процесса. Для этого требуется правильный выбор параметров ввода регенерационных растворов и промывочных вод, подаваемых как сверху, так и снизу катионитного фильтра. Регенерация верхнего и нижнего слоев катионита в двухпоточно-противоточном фильтре также должна начинаться одновременно. Одновременное завершение этого процесса регенерации можно описать уравнением

$$\tau_{\text{Na,c}} + \tau_{\text{o,cb}} = \tau_{\text{k}} + \tau_{\text{o,чн}}, \quad (1)$$

где  $\tau_{\text{Na,c}}$ ,  $\tau_{\text{o,cb}}$ ,  $\tau_{\text{k}}$ ,  $\tau_{\text{o,чн}}$  – соответственно продолжительность ввода в фильтр регенерационного раствора хлорида натрия и отмывочной воды сверху регенерационного раствора кислоты и отмывочной воды снизу, ч.

После некоторого преобразования указанных параметров можно получить

$$\frac{h_{\text{кат,св}}}{h_{\text{кат,сн}}} = \frac{W_{\text{кат,св}}}{W_{\text{кат,сн}}} = \frac{\frac{m_{\text{к}} e_{\text{кат,сн}}}{\omega_{\text{к}} C_{\text{к}}} + \frac{g_{\text{о,сн}}}{\omega_{\text{о,сн}}}}{\frac{m_{\text{Na}} e_{\text{кат,св}}}{\omega_{\text{Na}} C_{\text{Na}}} + \frac{g_{\text{о,св}}}{\omega_{\text{о,св}}}}, \quad (2)$$

где  $h_{\text{кат,св}}$  и  $h_{\text{кат,сн}}$  – высота катионита, расположенного над (сверху) и под (снизу) СРУ, м;  $W_{\text{кат,св}}$  и  $W_{\text{кат,сн}}$  – объемы катионита, расположенного над и под СРУ, м<sup>3</sup>;  $m_{\text{к}}$  и  $m_{\text{Na}}$  – удельный расход кислоты и хлорида натрия на регенерацию, г-экв/г-экв;  $e_{\text{кат,св}}$  и  $e_{\text{кат,сн}}$  – рабочая обменная емкость объемов катионита, расположенного над и под СРУ, г-экв/м<sup>3</sup>;  $C_{\text{Na}}$  и  $C_{\text{к}}$  – концентрация регенерационных растворов соответственно хлорида натрия и кислоты, мг-экв/см<sup>3</sup>;  $\omega_{\text{к}}$  и  $\omega_{\text{Na}}$  – скорость пропускания через катионит регенерационных растворов соответственно кислоты и хлорида натрия, м/ч;  $g_{\text{о,св}}$  и  $g_{\text{о,сн}}$  – удельный расход воды на послерегенерационную отмывку катионита, расположенного над и под СРУ.

С учетом того, что количество обработанных верхних и нижних слоев катионита должно быть одинаковым, запишем уравнение

$$\frac{W_{\text{кат,св}} e_{\text{кат,св}}}{(J_{\text{исх}} - J_{\text{ост}})} = \frac{W_{\text{кат,сн}} e_{\text{кат,сн}}}{(C_{\text{исх}} - C_{\text{ост}})}, \quad (3)$$

отсюда

$$\frac{W_{\text{кат,св}}}{W_{\text{кат,сн}}} = \frac{e_{\text{кат,сн}} (J_{\text{исх}} - J_{\text{ост}})}{e_{\text{кат,св}} (C_{\text{исх}} - C_{\text{ост}})}. \quad (4)$$

Здесь  $C_{\text{исх}}$  и  $J_{\text{исх}}$  – концентрация катионов в исходной воде и общая жесткость, мг-экв/дм<sup>3</sup>;  $C_{\text{ост}}$  и  $J_{\text{ост}}$  – остаточная концентрация катионов в H-катионированной воде и остаточная жесткость умягченной воды, мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Если объединить выражения (2) и (4), получим:

$$\frac{h_{\text{кат,св}}}{h_{\text{кат,сн}}} = \frac{e_{\text{кат,сн}} (J_{\text{исх}} - J_{\text{ост}})}{e_{\text{кат,св}} (C_{\text{исх}} - C_{\text{ост}})} = \frac{\frac{m_{\text{к}} e_{\text{кат,сн}}}{\omega_{\text{к}} C_{\text{к}}} + \frac{g_{\text{о,сн}}}{\omega_{\text{о,сн}}}}{\frac{m_{\text{Na}} e_{\text{кат,св}}}{\omega_{\text{Na}} C_{\text{Na}}} + \frac{g_{\text{о,св}}}{\omega_{\text{о,св}}}}. \quad (5)$$

Как следует из вышеприведенных уравнений, основными параметрами, необходимыми для выполнения условий технологии Н-катионирования на двухпоточно-противоточных катионитных фильтрах с сокращенным количеством реагентов, являются: высота катионита, расположенного над и под СРУ; концентрация регенерационных растворов кислоты и хлорида натрия; скорость пропускания последних через катионит. Исходными же для выбора значения этих параметров являются концентрация катионов в исходной воде и общая жесткость. Такой параметр, как удельный расход отмывочной воды катионита, соответствует нормативам, а остаточные концентрации катионов и общая жесткость воды также принимаются в зависимости от конкретных условий работы фильтра и колеблются в небольших пределах. Значение удельного расхода кислоты на регенерацию катионита, расположенного под СРУ, составляет от 1,05 – 1,15 г-экв/г-экв. В зависимости от удельного расхода кислоты значение рабочей обменной емкости катионита находится в интервале 650 – 800 г-экв/м<sup>3</sup>. Удельный расход соли на регенерацию катионита, расположенного над СРУ, принимается в зависимости от конкретных условий работы обессоливающей установки и от требуемой рабочей обменной емкости катионита.

В зависимости от конкретных условий работы данной установки, т.е. когда осуществляется регенерация анионитных фильтров со стехиометрическим количеством раствора щелочи [1, 7, 8], для регенерации катионита, расположенного над СРУ, вместо раствора натриевой соли следует использовать нейтральный ОРР этих фильтров. Указанное можно осуществить разными способами. Самый простой из них заключается в следующем. При регенерации анионитных фильтров отбирают ОРР в емкость, в которой происходит регенерация катионита. При этом имеется возможность усреднения состава ОРР анионитных фильтров и нейтрализация его незначительной щелочности. Если регенерация второй и первой ступени анионитных фильтров осуществляется последовательно раствором NaOH, то щелочность в составе ОРР анионитных фильтров определяется продуктами регенерации второй ступени анионитных фильтров, которые поглощают в основном кремниевую кислоту и остатки углекислого газа после декарбонизатора. Если вторая ступень анионитных фильтров регенерируется отдельно от первой ступени и ее ОРР не используется повторно для регенерации первой ступени, то значение щелочности в составе ОРР анионитных фильтров первой ступени будет не существенным. При этом ОРР анионитных фильтров второй ступени для регенерации катионита, расположенного над СРУ, не используется. В таком случае удельный расход хлорида натрия на регенерацию указанного катионита зависит от режимов регенерации анионитных фильтров обессоливающей установки и предочистки.

Количество хлорида натрия (г-экв/ч), полученного при регенерации анионитных фильтров первой ступени, можно определить следующим образом:

$$\sum \text{Na}_{A_1} = Q_{x,o} \left( 1 + \frac{q_{\text{сн},A}}{100} \right) (A_{\text{ск.вх},A_1} - A_{\text{ск.вых},A_1}) m_{A_1}, \quad (6)$$

$Q_{x,o}$  – производительность обессоливающей установки, м<sup>3</sup>/ч;  $q_{\text{сн},A}$  – удельный расход анионированной в первой ступени воды на собственные нужды установки, %;  $A_{\text{ск.вх},A_1}$  и  $A_{\text{ск.вых},A_1}$  – концентрация анионов сильных кислот на входе и выходе анионитного фильтра первой ступени, мг-экв/дм<sup>3</sup>;  $m_{A_1}$  – удельный расход щелочи на регенерацию анионита в первой ступени, г-экв/г-экв.

На практике значение  $m_{A_1}$  на обессоливающих установках с сокращенными реагентами принимается равным  $\sim (1,05 - 1,1)$  г-экв/г-экв. При этом количество ионов жесткости (г-экв/ч), поглощаемых на установке, равно:

$$\sum \text{Ж} = Q_{x,o} \left( 1 + \frac{q_{\text{снн,Na}}}{100} \right) \left( 1 + \frac{q_{\text{снн},A}}{100} \right) \left( 1 + \frac{q_{\text{снн,Н}}}{100} \right) (\text{Ж}_{\text{исх}} - \text{Ж}_{\text{ост}}), \quad (7)$$

где  $q_{\text{сн,Na}}$  и  $q_{\text{сн,Н}}$  – удельный расход воды на собственные нужды соответственно Na- и Н-катионитных фильтров.

Тогда удельный расход натриевых солей (г-экв/г-экв) на регенерацию катионита, расположенного над СРУ, можно рассчитать как

$$m_{\text{Na}} = \frac{\sum \text{Na}_{A_1}}{\sum \text{Ж}} = \frac{(A_{\text{ск.вх},A_1} - A_{\text{ск.вх},A_1}) m_{A_1}}{\left( 1 + \frac{q_{\text{сн,Na}}}{100} \right) \left( 1 + \frac{q_{\text{сн,Н}}}{100} \right) (\text{Ж}_{\text{исх}} - \text{Ж}_{\text{ост}})}. \quad (8)$$

Учитывая, что  $\sum A_{\text{ск.вых},A_1} \ll \sum A_{\text{ск.вх},A_1}$ ,  $\text{Ж}_{\text{ост}} \ll \text{Ж}_{\text{исх}}$  и  $m_{\text{Na}} \approx 1$ , уравнение (8) принимает вид:

$$m_{\text{Na}} = \frac{\sum A_{\text{ск.вх},A_1}}{\left( 1 + \frac{q_{\text{сн,Na}}}{100} \right) \left( 1 + \frac{q_{\text{сн,Н}}}{100} \right) \text{Ж}_{\text{исх}}}. \quad (9)$$

Следовательно, при использовании ОРР анионитных фильтров первой ступени для регенерации катионита, расположенного над СРУ, удельный расход натриевых солей зависит в основном от концентрации в воде анионов сильных кислот на входе анионитных фильтров первой ступени и общей жесткости исходной воды. Известно, что для большинства пресных вод значение концентрации анионов сильных кислот приближается к значению концентрации ионов жесткости. В данном случае удельный расход хлорида натрия на регенерацию катионита будет приближаться к единице. В таких условиях необходимая степень регенерации катионита только ОРР анионитных фильтров первой ступени не обеспечивается, и поэтому требуется использование дополнительного количества привозного хлорида натрия.

Необходимо отметить, что большинство пресных вод перед химическим обессоливанием подвергается известкованию с коагуляцией. При этом общая жесткость в известкованной воде для большинства пресных вод уменьшается и становится меньше концентрации анионов сильных кислот. Это обеспечивает достаточную степень регенерации катионита и позволяет работать без использования привозного хлорида натрия. Тогда удельный расход хлорида натрия на регенерацию катионита можно рассчитать следующим образом:

$$m_{\text{Na}} = \frac{\sum A_{\text{ск.вх. } A_1}}{\left(1 + \frac{q_{\text{сн. Na}}}{100}\right) \left(1 + \frac{q_{\text{сн. H}}}{100}\right) \text{Ж}_{\text{исх}}}, \quad (10)$$

а с учетом выражения  $\text{Ж}_{\text{изв}} = \text{Ж}_{\text{нк., исх}} + \text{Щ}_{\text{изв}} + \text{Д}_{\text{к}}$  ( $\text{Ж}_{\text{нк., исх}}$ ,  $\text{Щ}_{\text{изв}}$ ,  $\text{Д}_{\text{к}}$  – соответственно некарбонатная жесткость в исходной воде, щелочность известкованной воды и доза коагулянта) запишем:

$$m_{\text{Na}} = \frac{\sum A_{\text{ск.вх. } A_1}}{\left(1 + \frac{q_{\text{сн. Na}}}{100}\right) \left(1 + \frac{q_{\text{сн. H}}}{100}\right) (\text{Ж}_{\text{нк., исх}} + \text{Щ}_{\text{изв}} + \text{Д}_{\text{к}})}. \quad (11)$$

Другим способом использования ОРР анионитных фильтров первой ступени для регенерации катионита взамен хлорида натрия является его непосредственная подача на регенерацию без использования промежу-

точной емкости. При этом процесс регенерации катионита, расположенного над СРУ, по времени совпадает с регенерацией анионитных фильтров первой ступени. Одновременно или же позже осуществляется регенерация катионита, расположенного под СРУ, раствором кислоты.

**Выводы.** Таким образом, разработанная технология Н-катионирования воды с сокращенным количеством реагентов и сточных вод на двухпоточно-противоточных фильтрах позволяет уменьшить количество ионитных фильтров на химической обессоливающей установке, сократить или же вовсе прекратить использование привозного хлорида натрия и тем самым удешевить процесс обработки воды.

**Резюме.** Розроблено нову технологію Н-катіонування води з скороченою кількістю реагенту і стічними водами. Відповідно до цієї технології глибоке пом'якшення Н-катіонірованої води з метою скорочення кількості кислоти на регенерацію та утворюваних при цьому стічних вод відбувається в фільтрі, де здійснюється процес Н-катіонування.

*N.R. Aslanzade*

## **ON H-CATHIONIZING OF THE WATER WITH SHORTENED SCALE OF REAGENT AND STOCK ON DOUBLE STREAMING-REVERSE CURRENT FILTRES**

### **Summary**

Article describes newly developed technology H-cathionizing waters with shortened reagents and stocks. Agreed with the current technology, deeply softening H-cathionized water in order to decrease the scale of acid for the regeneration and creation of stocks in the filters where the implementation of H-cathionizing process has taken place. Results of the research on this thechnology is been given as follows.

1. *Фейзиев Г.К.* Высокоэффективные методы умягчения, опреснения и обессоливания воды. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 192 с.
2. *А.с. 676311 СССР, МКИ2 В 01J1/09//С 02D 1/76 /Г.К. Фейзиев.* – Оpubл.1979 г., Бюл.№28.
3. *Джалилов М.Ф., Кулиев А.М., Прибыльский Л.С. и др.* // Изв. ВУЗов и энергообъединений СНГ. – 1997. – №1/2. – С.71 – 75.
4. *Федосеев Б.С.* Сокращение потребления химических реагентов на тепловых электростанциях /Информ. письмо ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – Санкт-Петербург, 1992. – 12 с.

5. *Гаврилов В.Н., Окунь Я.З., Станчик И.Я., Привалов Н.А.* // Электр. станции. – 1993. – №8. – С. 35 – 37.
6. *Фейзиев Г.К., Джалилов М.Ф., Кулиев А.М., Бадалов Б.Ш.* // Химия и технология воды. – 2007. – 29, №2. – С. 195 – 203.
7. *МУ-34-70-126-85.* Методические указания по проектированию обессоливающих установок с сокращенными стоками. – М.: Мин-во энергетики и электрофикации СССР, СПО "СОЮЗТЕХЭНЕРГО", 1987.– 63 с.
8. *Джалилов М.Ф.* Химическое обессоливание воды на ТЭС сокращенными количествами реагентов и стоков. – Баку: Элм, 1996. – 150 с.

Архитектурно-строит. ун-т,  
г. Баку, Азербайджан

Поступила 20.10.2009