

## ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ УДАЛЕНИЯ СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ ИЗ ВОДЫ

Для очистки производственных сточных вод в промышленности широко используется известь в виде суспензий различной концентрации. При наличии в воде сульфатных ионов в процессе ее очистки образуется сульфат кальция, который кристаллизуется из воды в виде гипса, что приводит к образованию обильных и прочных отложений на поверхностях трубопроводов, сооружений и оборудования. Удаление гипсовых отложений – процесс трудоемкий, требующий длительного времени и большого расхода реагентов.

Скорость роста гипсовых отложений зависит от концентрации сульфат-ионов в очищаемой воде, длительности использования воды в производстве, режимов и способов ее обработки и других факторов.

Применение продувки систем как способа предотвращения образования гипсовых отложений требует повышенных сбросов оборотной воды (свыше 50 % от ее расхода). Это приводит к неоправданно высокому потреблению свежей воды и значительно увеличивает выброс сульфат-ионов и ионов кальция (т.е. высокоминерализованной воды) в системы водоотведения и далее в водные объекты. Вследствие этого не выдерживаются ПДК по общему солесодержанию, ионам сульфата и кальция в сбрасываемой воде.

Широкому использованию в системах оборотного водоснабжения предприятий препятствует образование пересыщенных растворов по сульфату кальция [1], образующихся при обработке сточных вод известью, что приводит к описанным выше процессам образования отложений по тракту движения воды.

Радикально решить проблему борьбы с гипсовыми отложениями можно путем разработки технологии использования извести для очистки сточных вод без образования при этом пересыщенных по сульфату кальция растворов или выделить сульфат кальция в виде гипса в месте образования в специальных сооружениях, тем самым предотвращая загипсовывание поверхностей, контактирующих с очищенной сточной водой.

В настоящей работе кратко рассмотрены разработанные авторами эффективные способы стабилизации оборотной воды по сульфату кальция удалением его избыточного количества из очищенной сточной воды.

Одним из наиболее простых и дешевых способов стабилизации оборотной воды является внесение затравок (инертных или активных) в очищаемую или уже очищенную сточную воду [2,3]. При внесении в воду инертной затравки (молотые мел, песок, гипс и т.д.) в количестве 1-4 г/л пересыщение практически полностью снимается через 1,5-2 ч, причем процесс идет значительно быстрее (в 1,3-3 раза) при высоком содержании сульфата кальция в воде (более 5000 мг/л). При содержании сульфата кальция до 3000 мг/л длительность стабилизационной обработки составляет 1-5 ч при перемешивании, так как в процессе обработки затравка должна находиться во взвешенном состоянии. Доза активной затравки (свежеприготовленный гипс) может быть снижена до 0,2-1 г/л при одинаковом эффекте очистки.

Использование затравок приводит к значительному увеличению объемов осадка (в 1,2-3 раза). При обработке больших расходов сточных вод этот момент делает использование затравок в чистом виде нецелесообразным, так как увеличиваются затраты на приготовление затравок, транспортировку и складирование осадка.

Развитием чисто затравочного способа является температурно-затравочный способ, т.е. применение затравки при одновременном подогреве очищаемой воды до 40-80 °C [2]. При очистке этим способом доза затравки может быть снижена до 0,5 г/л и менее. Скорость процесса стабилизации возрастает в несколько раз, а длительность его можно сократить до 0,5-1 мин. Высокая интенсивность удаления сульфата кальция из воды позволяет вести процесс в малогабаритных сооружениях. Одновременно при использовании температурно-затравочного способа, например, для очистки сточных вод от промывки изделий, протравленных в серной кислоте, образуется в несколько раз меньше осадка, который хорошо обезвоживается, следовательно обработка, транспортировка и складирование осадка потребуют значительно меньших затрат, чем традиционные технологические решения.

Удаление сульфата кальция из воды можно проводить вообще без введения в нее твердой фазы в виде затравки. Такой способ реализован при обработке сточной воды путем дозирования в нее органических жидкостей (ацетон, спирты) [4].

Применение жидких добавок упрощает их дозирование, а скорость обработки при этом увеличивается в 3-20 раз. В качестве добавок можно использовать не чистые вещества, а отходы производства. Органические добавки (ацетон, спирты) легко регенерировать из очищенной воды и можно вести очистку с использованием их в замкнутом цик-

ле. Расход добавок сравнительно невелик (10–80 л/м<sup>3</sup>).

Одновременно со стабилизацией воды по сульфату кальция органические добавки улучшают обезвоживание образующегося осадка. Скорость обезвоживания возрастает на 30–80 %, а влажность кека при обезвоживании на вакуум-фильтре снижается на 10–20 %.

Кроме рассмотренных выше способов удаления сульфата кальция из воды, требующих ввода специальных веществ (добавок), разработан способ безреагентной обработки сточной воды с помощью ультразвука [5], который целесообразно использовать при интенсивности 1–10 Вт/см<sup>2</sup>. Обработки воды, содержащей сульфат кальция, ультразвуком в течение 3–7 мин достаточно, чтобы сократить длительность выделения гипса в 3–6 раз. Воздействие ультразвука на воду при одновременном ее подогреве до 50–80°C позволяет удалить из воды весь избыточный сульфат кальция за 3–10 мин. При этом его остаточное содержание в воде составляет 1700–2000 мг/л, т.е. вода становится стабильной и устраняется возможность образования гипсовых отложений. Образующийся при обработке воды осадок имеет объем меньший, чем при обычной обработке, в 1,2–1,5 раза. Водоотдача полученного осадка значительно улучшается, что способствует увеличению производительности обезвоживающего оборудования и позволяет получить кек с влажностью 60–70 %.

Таким образом, все рассмотренные способы обработки воды являются эффективными для удаления сульфата кальция из воды и обработки образующегося осадка. На наш взгляд, наиболее перспективным является способ ультразвуковой обработки, так как при этом способе в воду не вносятся какие-либо дополнительные вещества, способствующие увеличению загрязненности очищаемой воды, не изменяется солевой состав воды и не увеличивается ее солесодержание. Последнее обстоятельство особенно важно в настоящее время, характеризующееся все более жесткими значениями ПДК для различных загрязняющих веществ в воде, подлежащей сбросу в водоотводящие системы или в водные объекты. Кроме того, рассмотренные способы технологичны, позволяют легко автоматизировать процесс очистки сточной воды и снизить ее себестоимость на 20–50 % за счет снижения затрат на реагенты, повышения производительности очистных сооружений, упрощения и удешевления обработки образующегося осадка.

#### Литература

1. Соловьев Ф.С. Образование гипсовых отложений в оборотных системах водоснабжения травильных производств // Известия вузов.

Стр. Строительство и архитектура. - 1966. - №5. - С. 119-123.

2. Будека Ю.Ф., Красуцкая В.И. Исследование кристаллизации сульфата кальция методом активного эксперимента//Использование и охрана водных ресурсов. - Минск, 1976. - С. 188-192.

3. Муравьев В.Р. Кристаллизация гипса из пересыщенных растворов при внесении затравок//Химия и технология воды. - 1979. - Т.1. - № 1. - С. 63-66.

4. Чернявская В.А., Будека Ю.Ф. Влияние подогрева и добавки пропилового спирта на кристаллизацию сульфата кальция//Проблемы водоотведения и очистки сточных вод. - Минск, 1980. - С.103-110.

5. Будека Ю.Ф., Мойченко В.А. Удаление сульфата кальция из обработанной воды при обработке ее ультразвуком//Использование и охрана водных ресурсов. - Минск, 1976. - С. 182-188.

УДК 628.3

Ю.Ф.Будека, И.Н.Киселев,  
А.Э.Перковский (БГПА)

#### ВИБРАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ОСАДКА ЖЕЛЕЗО- И СУЛЬФАТСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

При травлении черных металлов в серной кислоте образуются слабо- и высококонцентрированные сточные воды [1], которые с целью очистки, как правило, нейтрализуют известью. При этом образуются большие объемы осадков, которые плохо уплотняются и обезвоживаются.

В настоящей работе приведены результаты исследований влияния низкочастотной вибрации на изменение объема осадка, образующегося при нейтрализации железо- и сульфатсодержащих сточных вод.

Опыты проведены на модельных стоках, в которых концентрация сульфата железа и серной кислоты составляли 1,0; 1,5; 100 и 1; 200 и 5 г/л соответственно. Проведено две серии опытов с применением активного планирования эксперимента. В первой серии опытов в качестве факторов, от воздействия которых изучалась зависимость