

ОСОБЕННОСТИ ПРЯМОТОЧНОЙ КОАГУЛЯЦИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ХЛОРИДОМ ЖЕЛЕЗА (III)

БАРОЧКИН Е.В., ВИНОГРАДОВ В.Н., кандидаты техн. наук, ЛЕДУХОВСКИЙ Г.В., асп., ШАТОВА И.А., инж.

Описаны экспериментально установленные факторы риска при прямоточной коагуляции поверхностных вод хлоридом железа (III). Показана необходимость автоматизации дозирования коагулянта и снижения рабочей скорости воды в механических фильтрах. Обоснована важность выбора дозы коагулянта экспериментальным путем.

Ключевые слова: коагуляция, механические фильтры, доза коагулянта.

SURFACE WATER DIRECT-FLOW COAGULATION WITH IRON CHLORIDE (III) PERCULIARITIES

BAROCHKIN E.V., Ph.D., VINOGRADOV V.N., Ph.D., LEDUKHOVSKY G.V., postgraduate, SHATOVA I.A., eng.

The article deals with the experimentally stated risk facts during surface water direct-flow coagulation with iron chloride (III). The necessity of automated coagulant dosing and operation water floe reduction in mechanical filters are shown. The importance of coagulant dose choice by experiment is proved.

Key words: coagulation, mechanical filters, coagulant dose.

Коагуляция поверхностных вод является необходимой стадией при подготовке обессоленной или глубоко умягченной воды. Коагуляция обеспечивает защиту ионообменных материалов или мембран от загрязнения и снижает содержание коллоидных примесей в обработанной воде. Как правило, коагуляция проводится в осветлителях (объемная коагуляция). Реже применяется прямоточная коагуляция воды (адагуляция) в механических фильтрах.

Выбор прямоточной коагуляции воды, по сравнению с объемной коагуляцией, может быть продиктован меньшими капитальными затратами. Это возможно, например, при использовании высокопроизводительных (высокоскоростных) механических фильтров фирмы «Chriga» (Германия), допускающих эксплуатацию при рабочем перепаде давлений в фильтре до 2 кгс/см².

Прежняя практика эксплуатации установок прямоточной коагуляции на ТЭС предусматривала ввод рабочего раствора коагулянта в исходную воду как можно дальше от механических фильтров [1]. Тем самым до поступления воды в фильтры обеспечивалось зарождение части шлама коагулятора, то есть рекомендовалась частичная объемная коагуляция в слое воды над фильтрующей загрузкой. В других отраслях промышленности использовалась иная практика: ввод рабочего раствора коагулянта рекомендовался как можно ближе к механическим фильтрам. При этом снижалась вероятность объемной коагуляции в указанном слое воды. Высокий эффект прямоточной коагуляции достигался при контактной коагуляции на зернах всего слоя фильтрующей загрузки.

Качество коагулированной воды зависит от множества факторов, в том числе от качества исходной воды и от дозы коагулянта. При прямоточной коагуляции требуются меньшие дозы. Для определения дозы, обеспечивающей получение воды с окисляемостью не более 10 мг О₂/дм³ и массовой концентрацией соединений железа не более 0,1 мг/дм³ в пересчете на Fe, были проведены специальные опыты на воде р. Шексна.

Для проведения эксперимента применялись опытная и промышленная установки, состоящие из

узлов приготовления и дозирования рабочего раствора коагулянта FeCl₃ и механических фильтров, загруженных прокаленным кварцевым песком с размерами зерен от 0,7 до 1,1 мм и высотой слоя 2 м. Опытный фильтр имеет внутренний диаметр прозрачного корпуса, равный 0,3 м. Промышленные фильтры фирмы «Chriga» (Германия) имеют диаметр 3,8 м и включены перед противоточными Na-фильтрами, работающими по технологии «Schwebbett». Мембранные насосы-дозаторы «Memdos» обеспечивают в автоматическом режиме стабильность дозы с отклонением от заданной не более 0,05 мг-экв/дм³.

При проведении опытов по исследованию прямоточной коагуляции проводился подбор оптимальной дозы для объемной коагуляции в стеклянных цилиндрах. Опыты проводились на воде р. Шексна с апреля по октябрь 2005 г. Показатели качества воды приведены в таблице.

Технологические показатели качества исходной воды (вода р. Шексна)

| Параметры качества | Единица измерения | Значения параметров |
|---|-----------------------------------|---------------------|
| Щелочность общая (Щ _о) | | 0,87-1,60 |
| Жесткость общая (Ж _о) | мг-экв/дм ³ | 1,99-2,56 |
| Жесткость кальциевая (Ж _{Ca}) | | 1,36-1,60 |
| Содержание взвешенных веществ (ВВ) | мг/дм ³ | 0-9,0 |
| Окисляемость (Ок) | мгО ₂ /дм ³ | 13,0-17,2 |
| Содержание соединений железа в пересчете на Fe | мг/дм ³ | 0,25-1,50 |
| Значение pH ₂₅ | | 7,5-7,8 |
| Содержание соединений кремниевой кислоты | мг/дм ³ | 0,38-3,9 |
| Содержание хлоридов (Cl ⁻) | | 2,7-7,2 |
| Содержание сульфатов (SO ₄ ²⁻) | | 2,6 -31,1 |
| Содержание свободной углекислоты (CO ₂) | | 3 - 8 |

В соответствии с [2], для объемной коагуляции воды указанного состава необходима доза коагулянта FeCl₃, равная 0,60–0,85 мг-экв/дм³. Доза коагулянта для прямоточной коагуляции должна быть меньше данной дозы (см. выше).

Периодически при дозе коагулянта больше пороговой при объемной коагуляции получался всплывающий шлам. Точно такой же шлам образовывался при прямоточной коагуляции воды со ско-

ростью нисходящего потока воды около 6–10 м/ч и с дозой коагулянта, соответствующей началу объемной коагуляции в слое воды над песчаной загрузкой. В последнем случае шлам накапливался в верхней части фильтра, затем под действием потока воды опускался на слой песка. Гидравлическое сопротивление фильтра увеличивалось, и производительность фильтра резко снижалась. Анализы исходной воды показали наличие в ней анионоактивных поверхностноактивных веществ от 0,5 до 0,8 мг/дм³.

Результаты одной из серий опытов по изучению влияния дозы FeCl₃ на качество обработанной при прямоточной коагуляции воды приведены на рис. 1 и 2.

Результаты опытов показали следующее:

- при увеличении дозы коагулянта происходит постепенное снижение окисляемости коагулированной воды. Коагуляция органических коллоидов начинается при малых дозах, но имеет при этом незначительную эффективность. Доза коагулянта, определенная по [2], недостаточна для эффективной коагуляции воды, содержащей органические примеси. При дозах коагулянта менее 0,9 мг-экв/дм³ контактная коагуляция продолжается в Na-фильтрах, что вызывает загрязнение катионита;

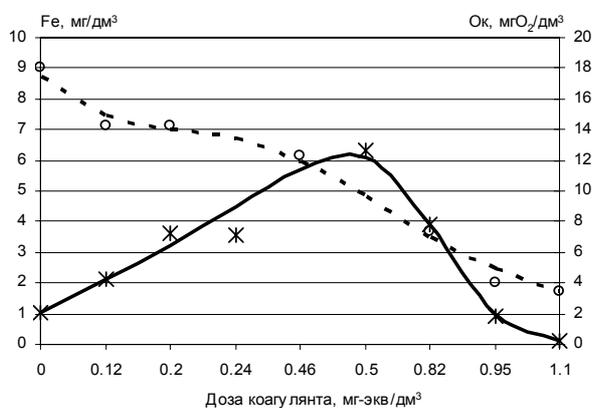


Рис. 1. Влияние дозы коагулянта FeCl₃ на качество коагулированной воды: ж — массовая концентрация соединений железа в пересчете на Fe, мг/дм³, в коагулированной воде (эксперимент); — — — — — массовая концентрация соединений железа в пересчете на Fe, мг/дм³, в коагулированной воде (обработка данных); ° — окисляемость коагулированной воды Ок, мг O₂/дм³ (эксперимент); - - - - - окисляемость коагулированной воды Ок, мг O₂/дм³ (обработка данных)

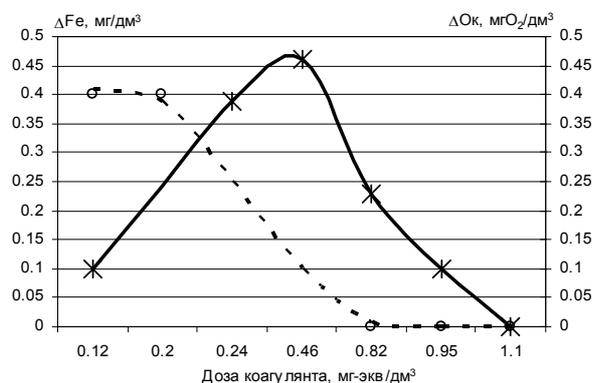


Рис. 2. Влияние дозы коагулянта FeCl₃ на загрязнение Na-фильтра: ж — изменение массовой концентрации соединений железа в коагулированной воде ΔFe, мг/дм³, при ее пропускании через Na-фильтр (эксперимент); — — — — — изменение массовой концентрации соединений железа в коагулированной воде ΔFe, мг/дм³, при ее пропускании через Na-фильтр (обработка данных); ° — изменение окисляемости коагулированной воды ΔОк, мг O₂/дм³, при ее пропускании через Na-фильтр (эксперимент); - - - - - изменение окисляемости коагулированной воды ΔОк, мг O₂/дм³, при ее пропускании через Na-фильтр (обработка данных)

- зависимость массовой концентрации соединений железа в коагулированной воде и в фильтрате Na-фильтров имеет экстремальный характер. При первоначальном увеличении дозы коагулянта наблюдается возрастающий проскок большей части коагулятора Fe(OH)₃ в фильтрат механических и Na-фильтров, увеличивается сорбция коагулятора Na-фильтрами, вызывающая их загрязнение. При дальнейшем увеличении дозы коагулянта происходит уменьшение проскока коагулятора в коагулированную и в химически очищенную воду, снижается сорбция соединений железа и загрязнение катионита. При дозе коагулянта, близкой к оптимальной для объемной коагуляции (1,3 мг-экв/дм³), обеспечивается получение качественно коагулированной воды с содержанием железа не более 0,1 мг/дм³ в пересчете на Fe и окисляемостью около 3,5 мг O₂/дм³.

Анализ результатов эксперимента позволяет заключить, что при наличии в исходной воде органических соединений, обладающих ингибирующими свойствами при образовании твердой фазы коагулятора — гидроксидного шлама, прямоточная коагуляция воды с малыми дозами не допустима, так как приводит к загрязнению ионитных фильтров и не обеспечивает получение хорошо коагулированной воды. Получение такой воды и защита ионитных фильтров от загрязнения коагулятором возможны лишь при работе с увеличенными дозами, близкими к оптимальной дозе для объемной коагуляции. Работа в таких условиях требует автоматизации дозирования коагулянта. В противном случае возможное при передозировке коагулянта возникновение объемной коагуляции в слое воды над фильтрующей загрузкой механического фильтра приведет к неэффективному использованию этой загрузки и быстрому росту её гидравлического сопротивления, а недостаточная дозировка — к загрязнению ионитов и ухудшению качества воды. Дозу коагулянта следует определять на основании пробной коагуляции в стеновых (лабораторных) или в опытно-промышленных условиях.

Заключение

1. Экспериментально установлены следующие факторы риска при прямоточной коагуляции:

- проскок коагулятора и загрязнение ионитов и обработанной воды при наличии в исходной воде ингибиторов образования твердой фазы и коагуляции с небольшими дозами коагулянта;

- возникновение объемной коагуляции в слое воды над фильтрующей загрузкой механических фильтров и скачкообразный рост их гидравлического сопротивления при передозировке коагулянта.

2. Учет этих факторов требует автоматизации дозирования коагулянта и снижения рабочей скорости воды в механических фильтрах. Дозу коагулянта следует определять лишь экспериментальным путем, используя наиболее важный в конкретных условиях критерий (окисляемость, цветность, железосодержание, кремнесодержание и т.п.).

Список литературы

1. Вихрев В.Ф., Шкроб М.С. Водоподготовка. — М.: Энергия, 1973.
2. Справочник проектировщика. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий. — М.: Стройиздат, 1977.