

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ КОАГУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Житенев Б. Н., Науменко Л. Е.

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет»,
г. Брест, Республика Беларусь*

Неотъемлемым технологическим приемом обезжелезивания подземных вод фильтрованием является регенерация (промывка) фильтрующей загрузки водяным или водовоздушным потоком воды. В результате образуются высококонцентрированные промывные воды с концентрацией железа порядка 100—200 мг/л. Объем воды на промывку достигает от 2% до 10% от общего объема обрабатываемой воды.

На основании физико-химических процессов обезжелезивания подземных вод фильтрованием и анализа качества промывной воды, можно утверждать, что основным загрязняющим компонентом промывных вод является трехвалентное железо в форме гидроксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$, представленное мелкодисперсными и коллоидными частицами. Величина электрокинетического потенциала коллоидных частиц $\text{Fe}(\text{OH})_3$ в промывных водах, измеренная электрофорезом по методу подвижной границы, составляет порядка $\xi = -40$ мВ [1]. Высокий поверхностный заряд отталкивает частицы друг от друга, препятствуя их укрупнению и осаждению. Поэтому типовые сооружения повторного использования промывных вод, рекомендуемые действующими техническими нормативно-правовыми актами, работают неэффективно [2]. Остаточная концентрация железа в воде, осветленной отстаиванием, составляет 20—40 мг/л. Возврат такой

Секция 1. Охрана водных ресурсов и оценка их состояния. Регулирование воздействий на водные ресурсы.

воды для последующей обработки с исходной приводит к неудовлетворительной работе станции: к повышению содержания железа в фильтрате, уменьшению фильтроцикла, перерасходу воды на собственные нужды станции. Это является основной причиной того, что предприятия водопроводно-канализационного хозяйства отказываются от применения сооружений по обработке промывных вод и их повторному использованию.

В настоящее время высококонцентрированные железосодержащие промывные воды сбрасываются в канализацию либо в прилегающие водоемы или на рельеф местности, что приводит к нерациональному использованию высококачественной подземной воды и загрязнению окружающей среды соединениями железа.

Для осаждения коллоидных соединений железа обработку промывной воды целесообразно осуществлять реагентами (коагулянтами), нейтрализующими поверхностный заряд частиц, в результате чего уменьшается двойной электрический слой и примеси декантируются.

Менее эффективны для осаждения соединений железа железосодержащие или хлорсодержащие коагулянты, так как может происходить процесс пептизации [3]. Так, FeCl_3 , HCl , AlCl_3 являются пептизаторами коагеля гидроксида железа. При действии на гидроксид железа (III) раствора хлорида железа (III) ионы железа, адсорбируясь на поверхности частиц, сообщают им положительный заряд. Одновременно заряженные частицы взаимно отталкиваются и переходят из осадка в раствор. Следовательно, введение железосодержащих и хлорсодержащих коагулянтов не интенсифицирует процесс осаждения примесей промывных вод, а усугубляет его, так как образуются новые коллоидные частицы, имеющие уже отличный химический состав.

Наиболее распространенным и доступным коагулянтом является сульфат алюминия. В результате гидролиза коагулянта образуется коллоидный гидроксид алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$. Он обладает большой суммарной поверхностью, на которой происходит адсорбция примесей, в результате чего ζ -потенциал падает до критического значения и золь коагулирует. Однако при одних и тех же условиях коллоидные частицы $\text{Al}(\text{OH})_3$ и $\text{Fe}(\text{OH})_3$ будут иметь одинаковый заряд, так как дисперсной фазой этих золь является амфотерное соединение [4].

Коагуляция соединений железа при введении сернокислого алюминия будет происходить вследствие фиксации (закрепления) соединений железа на сорбционной поверхности коллоидной частицы гидроксида алюминия, а не из-за сил межмолекулярного взаимодействия. Для более эффективного удаления соединений железа из промывных вод потребуются более высокие дозы сульфата алюминия, что вызовет перезарядку золь и взаимную их коагуляцию, однако это повлечет дополнительные экономические затраты.

Для нарушения устойчивости коллоидной системы промывных вод и осаждения частиц исследован процесс коагуляции в присутствии фосфатов, а именно при обработке воды фосфатом натрия Na_3PO_4 . Использование фосфатов основано на том, что:

- фосфаты способны переводить железо в нерастворимые соединения или малорастворимые фосфаты;
- из фосфатов катионов III группы фосфат железа наименее растворим, и имеет низкое произведение растворимости;
- для полноты осаждения фосфат-иона требуется избыток Fe^{3+} в воде, не имеющей кислой реакции.

При совместной обработке промывных вод фосфатом натрия Na_3PO_4 и коагулянтом сульфатом алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ происходило активное образование флоккул и интенсивная коагуляция коллоидов, увеличилась скорость осаждения частиц. Так как гидроксид железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ малорастворимое соединение, в данном случае происходит поверхностный обменный гетерофазный процесс, заключающийся в образовании на поверхности коллоидов гидроксида железа фосфатных соединений. Это изменяет природу поверхности гидроксида железа (III) и способствует снижению электрокинетического потенциала частиц.

Фосфаты оказывают также значительное воздействие на процесс коллоидообразования частиц коагулянта, способствуя их росту и флокуляции. Механизм воздействия фосфатов комплексный. Образующиеся соединения и коллоидные частицы гидроксида алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ под-

Материалы IV МЕЖДУНАРОДНОГО ВОДНОГО ФОРУМА

вергаются взаимной коагуляции. В результате ускоряется процесс осветления промывных вод и увеличивается эффект очистки до 99,0—99,5%.

Проведенные эксперименты позволили определить оптимальные дозы и соотношения реагентов. Дозу фосфата натрия Na_3PO_4 следует принимать 30 мг/л до 50 мг/л, дозу коагулянта $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ — от 50 мг/л до 70 мг/л при концентрации железа в промывных водах от 100 мг/л до 200 мг/л при продолжительности отстаивания 2 ч [5]. При использовании доочистки промывных вод на фильтрах дозы реагентов могут быть снижены. В каждом случае дозы следует уточнять пробным осаждением.

Для глубокой доочистки промывных вод, прошедших стадию реагентного осветления, перед обеззараживанием (при необходимости) и подачей очищенных вод для повторного использования целесообразно использовать механические осветлительные фильтры. Так, в процессе фильтрования происходит отделение скоагулированных не осевших частиц примесей, обеспечивающее остаточную концентрацию железа менее 0,1—0,3 мг/л, что соответствует эффекту очистки более 99,7%. При этом остаточное содержание алюминия, фосфатов и сульфатов не превышает предельно допустимые концентрации.

В таблице 1 представлены показатели качества очищенной промывной воды коагулированием в присутствии фосфатов.

Таблица. Показатели качества промывной воды после очистки коагулированием в присутствии фосфатов

Показатель	Исходная вода	После отстаивания (2 часа)	После механической доочистки	Требования СанПиН
Железо общее, $[\text{Fe}_{\text{общ}}]$, мг/л	100...200	1,0...2,0	0,1...0,2	0,3
Взвешенные вещества, мг/л	200...400	1,5...2,0	-	1,5...2,0
Цветность, град	более 100	менее 20	менее 20	20
Жесткость карбонатная, мг-экв/л	4,2...4,8	4,0	3,5...3,8	-
Жесткость общая, мг-экв/л	4,2...4,9	4,2	3,6...4,0	-
Щелочность, мг-экв/л	4,6...4,8	3,3	3,6	-
pH	7,0...8,0	7,5...8,0	7,5...8,0	7,0...8,0
Eh, В	0,15...0,25	0,228	0,244	-
Стабильность	0,92...0,96	0,93...0,97	~1	1
Перманганатная окисляемость, $\text{MgO}_2/\text{л}$	4,5...5,5	4,5...5,5	4,5...5,0	5,0
Кальций, $[\text{Ca}^{2+}]$, мг-экв/л	3,6...3,9	3,6...3,7	3,2...3,5	-
Магний, $[\text{Mg}^{2+}]$, мг-экв/л	0,5...0,9	0,6...0,7	0,4...0,5	-
Алюминий, $[\text{Al}^{3+}]$, мг/л	-	0,2...0,4	0,2...0,4	менее 0,5
Сульфаты, $[\text{SO}_4^{2-}]$, мг/л	3,5...11,5	10...100	10...100	500
Фосфаты, $[\text{PO}_4^{3-}]$, мг/л	-	1,0...1,5	0,5...1,0	менее 3,5

Для осуществления коагуляционной очистки промывных вод станций обезжелезивания в присутствии фосфатов разработана технология, состоящая из отстойников промывных вод, насосных станций отвода осветленной воды и перекачки осадка, сооружений реагентного хозяйства фосфата натрия и коагулянта сульфата алюминия, барьерного механического фильтра, сооружений механического обезвоживания осадка, обеспечивающая высокотехнологичный процесс осаждения соединений железа и повторное использование промывных вод [6].

Секция 1. Охрана водных ресурсов и оценка их состояния. Регулирование воздействий на водные ресурсы.

Эффективность данной технологии заключается в интенсификации коагуляционной очистки при совместной обработке промывных вод реагентами фосфатом натрия и сульфатом алюминия, в результате резко увеличивается степень осветления промывных вод и скорость осаждения тонкодисперсных и коллоидных соединений железа. Применение технологии на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства позволит уменьшить объемы загрязнений и концентрации вредных веществ в водной среде и почве; сэкономить чистую подземную воду и, как следствие, снизить себестоимости водоподготовки за счет повторного использования очищенных промывных вод.

Литература

1. Практикум по физической и коллоидной химии: Учебное пособие для фармацевтических вузов и факультетов/Е. В. Бугреева [и др.]; под общ. ред. К. И. Евстратовой.— М.: Высш. шк., 1990.— 255 с.
2. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.02—84.— Введ. 01.01.85.— М.: Стройиздат, 1985.— 136 с.
3. Болдырев, А. И. Физическая и коллоидная химия: учебник для сельскохозяйственных вузов/А. И. Болдырев.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Высш. шк., 1983.— 408 с.
4. Воюцкий, С. С. Курс коллоидной химии/С. С. Воюцкий.— М.: издательство “Химия”, 1964.— 574 с.
5. Шеина, Л. Е. Определение оптимальных параметров очистки промывных вод станций обезжелезивания реагентами-осадителями/Л. Е. Шеина//Вестник БГТУ. Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика.— № 2 (26).— 2004.— С. 79—83.
6. Устройство для очистки и повторного использования промывных вод станций обезжелезивания: пат. 3759 ВУ, МПК С02 F 1/52, С02 F 3/00/Б. Н. Житенев, Л. Е. Науменко; заявитель Брестский гос. техн. ун-т.— № u20070073; заявл. 01.02.2007; опубл. 30.08.2007/Гос. реестр патент. моделей.