

УДК 628.3

Михнев В.И., студ.,
Курзенов И.Р., маг.,
Гончарова Е.Н., канд. биол. наук, доц.
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА

Рассмотрены основные способы очистки воды с повышенным содержанием железа, которые используются в различных сферах деятельности. Проведены анализ шахтной воды и ее очистка методом фильтрования. Выполнена оценка токсичности воды после очистки. Показано отсутствие острой токсичности для гидробионтов.

Ключевые слова: обезжелезивание, соли железа, шахтные воды, биотестирование.

Подземные воды многих регионов земного шара часто характеризуются повышенным содержанием железа. Например, в Индокитае подземные воды с содержанием железа выше нормативов составляют около 60%. Железосодержащие воды широко распространены в Северной и Центральной Европе, в Сибири и на Дальнем Востоке, в регионе Курской магнитной аномалии, в Северной Америке, на Юге Африки. Повышенное содержание железа в воде придает ей буроватую окраску, неприятный металлический привкус, вызывает зарастание водопроводных сетей и водоразборной арматуры, является причиной брака в текстильной, пищевой, бумажной, химической и других отраслях промышленности. Повышенное содержание железа в питьевой воде вредно для здоровья человека. Длительное употребление воды с содержанием железа более 0,3 мг/л приводит к заболеваниям печени, увеличивает риск инфарктов, негативно влияет на центральную нервную систему и репродуктивную функцию организма [1-3]. При продолжительном введении в организм железа избыток его накапливается в печени в коллоидной форме оксида железа, получившей название гемосидерина, который вредно действует на клетки печени, вызывая их разрушение. Кроме того повышенное содержание железа вызывает еще ряд других хронических заболеваний.

Предпринимаются попытки улучшить водоснабжение населения за счет бурения глубоких и сверхглубоких скважин на воду, но при этом все равно остается проблема доочистки воды от железа, так как основная масса источников имеет повышенную концентрацию железа.

Поэтому подземные воды с повышенным содержанием железа необходимо очищать. Для решения проблемы снабжения населения качественной водой необходимо использовать методы очистки.

Метод упрощенной аэрации основан на способности воды, содержащей двухвалентное железо и растворенный кислород, при фильтрации через слой загрузки выделять образованное в процессе окисления кислородом трехвалентное железо на поверхности зерен загрузки. В процессе аэрации кислород воздуха окисляет двухвалентное железо, при этом из воды удаляется углекислота, что ускоряет процесс окисления и последующий гидролиз с образованием гидроксида железа [3].

Кроме того широко используется метод, основанный на образовании с помощью коагулянтов хлопьев, которые образуются из нерастворенных соединений железа. В процессе отстаивания хлопья выпадают в осадок. Для ускорения протекания процесса коагуляции в воду вводят флокулянты, способствующие укрупнению хлопьев.

Для удаления железа также применяют ионно-обменный метод, чаще всего в этом случае применяют катиониты — синтетические ионообменные смолы. С помощью этого метода очистки имеется возможность удалить из воды не только растворённое двухвалентное железо, но также и другие двухвалентные металлы, в частности кальций и магний. Теоретически методом ионного обмена можно удалить из воды очень высокие концентрации железа, при этом не потребуются стадии окисления двухвалентного железа с целью получения нерастворимого гидроксида.

Кроме того применяют метод обратного осмоса, основанный на продавливании воды через полупроницаемую мембрану, которая не пропускает мельчайшие примеси. В результате чего вода после прохождения через полупроницаемую мембрану становится дистиллированной.

Для обезжелезивания используют также реагенты-окислители, среди которых наиболее известны хлор, перманганат калия, озон и др. Методы окисления хлором, перманганатом калия и озоном основаны на разрушении органических соединений железа и переходе их в форму плохо растворимых неорганических солей трехвалентного железа.

Кроме того для очистки воды от железа используют каталитические загрузки — наиболее распространенный метод удаления железа, применяемый в системах высокой производительности. Каталитические наполнители — природные материалы, содержащие диоксид марганца или другие соединения, в которые диоксид марганца введен при соответствующей обработке. Среди каталитических загрузок известны: дробленый пиролюзит, сульфидоуголь, МЖФ, Manganese Green Sand (MGS), Birm, и MTM. Механизм действия основан на способности соединений марганца изменять валентное состояние. Двухвалентное железо в исходной воде окисляется высшими

оксидами марганца. Высшие оксиды марганца восстанавливаются до низших степеней окисления, а далее вновь окисляются до высших оксидов растворенным кислородом и перманганатом калия. Впоследствии большая часть окисленного и задержанного на фильтрующем материале железа вымывается в дренаж при обратной промывке.

Одним из наиболее эффективных методов борьбы является биологическая очистка сточных вод. С этой целью используются биофильтры с различными видами загрузки, на которых сорбируются железобактерии [2, 3].

Цель работы состояла в изучении химического состава шахтной воды, которая была отобрана в вертикальном стволе на глубине около 500 м и подборе эффективного метода очистки от железа. Данная вода имеет охристый цвет и плавающие хлопья (рисунок 1). При длительном отстое хлопья осаждаются, а вода становится прозрачной, но при обильном встряхивании хлопья растворяются, и вода приобретает однотонный гомогенный красно-оранжевый цвет.

В таблице 1 приведены нормативные документы (методики) и показатели результатами количественного химического анализа шахтной воды.



Рис. 1 - Шахтная вода из вертикального ствола

Таблица 1 - Нормативные документы и химические показатели качества воды

Наименование документа	Показатель	Результаты
ПНД Ф 14.1.2:3:4.121-97	Водородный показатель е. д. рН	8,3±0,2
ПНД Ф 14.1.2:4.254-09	Взвешенные вещества мг/дм ³	130±12
ПНД Ф 14.1.2:4.50-96	Железо общее, мг/дм ³	13,5±2,2
ПНД Ф 14.1.2:3.96-97	Хлориды, мг/дм ³	1235±111
ПНД Ф 14.1.2.159-2000	Сульфаты, мг/дм ³	107±16
ПНД Ф 14.1.2.114-97	Сухой остаток, мг/дм ³	2409±217
ПНД Ф 14.1.2:3.1-95	Аммоний-ион, мг/дм ³	0,47±0,17
ПНД Ф 14.1.2:4.4-95	Нитраты, мг/дм ³	1,4±0,3
ПНД Ф 14.1.2.3-95	Нитриты, мг/дм ³	2,0±0,6
ПНД Ф 14.1.2:4.207-04	Цветность, мг/дм ³	26,0±5,4
ПНД Ф 14.1.2:4.256-09	НПАВ, мг/дм ³	<0,05
ПНД Ф 14.1.2:4.128-98	Нефтепродукты, мг/дм ³	<0,05

Исследованная проба сточной воды имела высокую концентрацию растворимых солей, о чем свидетельствовал такой показатель, как сухой остаток, а также высокое содержание хлоридов. Шахтные воды по определяющим их состав показателям обычно разделяются на три характерных вида: нейтральные пресные (рН – 6.5-8.5, минерализация до 1 г/л); солоноватые и соленые с повышенной минерализацией (рН – 6.5-8.8, минерализация свыше 1 г/л) – кислые (рН менее 6.5). Следовательно, исследованная вода относится к солоноватым и соленым с повышенной минерализацией [4, 5].

Сточную воду подвергали процессу очистки с помощью метода фильтрации через песчаный фильтр. Затем воду проверили на токсичность с помощью методов биотестирования [4]. Выявление острого токсического действия шахтной воды было проведено в соответствии со следующими методиками: ПНД Ф Т 14.1.2:3:4.12-06 (*Daphnia magna Straus*), ФР 1.39.2007.03221 (*Ceriodaphnia affinis*) и ПНД Ф Т 14.1.2:3:4.10-04 (*Chlorella vulgaris Beijer*). Эксперименты по биотестированию проводили на шахтной воде в следующих сериях разбавлений: 100%, 50%, 25%, 5% и контрольный эксперимент без разбавления.

Результаты биотестирования показали, что шахтная вода после очистки не оказала острого токсического действия на все исследованные объекты, о чем свидетельствовали результаты экспериментов по биотестированию: отсутствие смертности дафний во всех сериях разведений в течение 72 часов, а также и цериодафний во

всех сериях экспериментальных вариантов в течение 48 часов. Оптическая плотность культуры водорослей *Chlorella vulgaris* Beijer составила 0,134 (в контроле 0,129) за 22 часа, что свидетельствовало также об отсутствии острого токсического действия на водоросли.

Таким образом, можно сделать вывод, что шахтную воду после очистки можно использовать в разных целях, как техническую на предприятии или сбрасывать в водный объект после механической очистки от взвешенных веществ. Главная проблема исследуемой шахтной вода – это высокое содержание солей, в частности хлоридов. Избавиться от солей можно с помощью разнообразных методов: обратный осмос, биологическая очистка (биоплато, пруд-отстойник и др.) [5]. В каждом случае выбор метода обезжелезивания воды индивидуален. Необходимо учитывать экономические составляющие, а также преимущества и недостатки. Более того, различные методы можно использовать совместно для обеспечения необходимой степени содержания в воде железа.

Библиографический список

1. Николадзе Г.И. Улучшение качества подземных вод. / Николадзе Г.И. - М.: Стройиздат, 1987. - 240 с.
2. Новиков В.К., Методы очистки природных вод от соединений марганца, железа и других загрязняющих веществ: Обзорная информация / Новиков В.К., Михайлова Э.М. - М.: Институт экономики ЖКХ АКХ им. К.Д. Памфилова, 1990. - 52 с.
3. Кульский Л.А. Основы химии и технологии воды. / Л.А. Кульский. - Киев: Наукова думка, 1991. - 568 с.
4. Гончарова Е.Н. Влияние соединений тяжелых металлов на дафний / Гончарова Е.Н., Остапенко Е.Н. Влияние // В сб: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды. - Белгород. - Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова - 2015. - С. 44-46.
5. Методы снижения концентрации солей в сточных водах горнорудных предприятий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-snizheniya-kontsentratsii-sulfatov-v-stochnyh-vodah-gornorudnyh-predpriyatij> (дата обращения 25.09.2019).