

г) интеграция с другими системами: современные очистные сооружения часто интегрированы с системами водоснабжения и водоотведения, что повышает эффективность всего водохозяйственного цикла;

Конкретный выбор оптимального метода, технологий, сооружений и оборудования зависит от многих факторов, включая объем и состав сточных вод, требуемый уровень очистки, доступные ресурсы, экологические требования и экономические ограничения. На практике часто приходят к тому, что эффективным решением является использование комплексного подхода, представляющего собой сочетание различных технологий.

Литература

1) Биомикрогель [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://biomicrogel.com/ru/blog/wastewater-treatment-facilities/> - Дата доступа: 30.11.2024;

2) БелАкваПром [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://bapi.by/metody-ochistki-stochnyx-vod/> - Дата доступа: 30.11.2024;

3) Genesis Water Technologies, Inc. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://ru.genesiswatertech.com/blog-post/innovations-in-industrial-wastewater-treatment/> - Дата доступа: 30.11.2024.

УДК 628.16

Сравнительная оценка работы станций обезжелезивания предприятий Белорусской железной дороги

Каравацкая К. С., Марушевский В.О.

Научный руководитель Грузинова В.Л., к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

На основании проведенных исследований дана сравнительная характеристика состава и эффективности работы станций обезжелезивания предприятий Белорусской железной дороги, а также приведены рекомендации по совершенствованию работы станций.

В условиях развития железнодорожного транспорта и возрастающих требований к качеству воды, используемой для питьевых и технических нужд, актуальным становится вопрос эффективной очистки воды от железа. На предприятиях железной дороги широко применяются станции обезжелезивания, однако, эффективность их работы может варьироваться в

зависимости от применяемых технологий, конструктивных особенностей оборудования и качества исходной воды.

В результате естественных геохимических процессов изменения химического состава подземных вод за длительный геологический период на территории Республики Беларусь сформировались региональные гидрогеохимические провинции с повышенным содержанием железа, марганца и других элементов. Употребление таких подземных вод для хозяйственно-питьевых нужд возможно только после их очистки от компонентов, содержание которых превышает установленные нормы. Согласно [1] предельно допустимая концентрация железа в питьевой воде составляет $0,3 \text{ мг/дм}^3$, а концентрация железа в подземных водах Беларуси составляет от $1-2$ до 30 мг/дм^3 и более.

Более 77% населения пользуются водой централизованных и около 22% – нецентрализованных источников водоснабжения. Системы централизованного водоснабжения 100 городов, 78 поселков городского типа, 137 сельских населенных пунктов обслуживаются коммунальными предприятиями, а 20 городов и 28 поселков городского типа – предприятиями промышленности и железной дороги.

На станциях обезжелезивания предприятий Белорусской железной дороги в исходной воде железо содержится в двухвалентной форме, его концентрация колеблется от $0,33 \text{ мг/дм}^3$ до $9,7 \text{ мг/дм}^3$.

Основными станциями обезжелезивания Белорусской железной дороги являются станции Лида, Брест, Орша и санаторий-профилакторий «Талька».

Водоснабжение станции Лида Белорусской железной дороги.

Станция обезжелезивания предназначена для удаления железа из воды артезианских скважин методом упрощенной аэрации с последующим одноступенчатым фильтрованием на напорных фильтрах. Концентрация железа в исходной воде колеблется от $0,43 \text{ мг/дм}^3$ до $9,7 \text{ мг/дм}^3$.

На станции обезжелезивания установлено 6 фильтров ФОВ – $1,4-0,6$ с загрузкой шлаком Бурштынской ГРЭС. Диаметр каждого фильтра $1,4$ м, площадь фильтрования $1,53 \text{ м}^2$. Вода из артезианских скважин поступает в аэратор и смешивается с атмосферным воздухом. Насыщенная воздухом вода насосами второго подъема подается на напорные фильтры. После фильтрования вода обеззараживается на бактерицидной установке типа ОВ–50 и затем под остаточным напором $30-35$ м поступает в водонапорную башню.

Промывка фильтров производится при концентрации железа в очищенной воде больше допустимой ($0,3 \text{ мг/дм}^3$) и величине потерь напора больше 6 м, что определяется с помощью манометров, установленных на линиях отвода обезжелезенной воды от фильтров. Промывка фильтров

производится не реже одного раза в сутки. Вода на фильтры подается снизу вверх из водонапорной башни под напором, создаваемым башней. Промывная вода отводится в реакторы-отстойники, где происходит отстаивание уловленного осадка. После двухчасового отстаивания вода самотеком поступает в аэратор, а осадок сбрасывается в передвижной контейнер, уплотняется и вывозится на утилизацию.

Применяемая система очистки воды от соединений железа на станции Лида не дает требуемого эффекта и не удаляет присутствующие загрязнения до предельно допустимых значений. Средняя концентрация железа в очищенной воде после фильтров составляет $0,75 \text{ мг/дм}^3$. Кроме того, при подаче воды в водонапорную башню концентрация железа в ней увеличивается, что связано с возможным загрязнением и зарастанием трубопроводов. Малый эффект очистки может быть также связан с подачей недостаточного количества воздуха для окисления двухвалентного железа.

Станция обезжелезивания железнодорожного узла Орша. На станции обезжелезивания для очистки воды используется метод напорной фильтрации с предварительной упрощенной аэрацией.

На станции установлено 9 фильтров диаметром 3 м, высотой 1,8 м. В качестве фильтрующей загрузки используется керамзит.

Вода из артезианских скважин по трубопроводу 300 мм последовательно подается на первую ступень очистки, состоящую из четырех фильтров, а затем на вторую ступень, состоящую из пяти фильтров, один из которых резервный. Насыщение воды воздухом происходит либо в смесителе (ими оборудовано 6 фильтров), либо через распределительную систему воздухопроводов (установлена в трех фильтрах).

При таком режиме фильтрации должно происходить глубокое обезжелезивание воды. Но исследования показали, что содержание железа после фильтров составляет $0,4\text{--}0,45 \text{ мг/дм}^3$, что в 1,5 раза превышает норму. Причем в фильтрате содержится равное количество как двух-, так и трехвалентного железа.

Присутствие двухвалентного железа может быть объяснено рядом причин:

- недостаточное количество вводимого в воду воздуха;
- неэффективное смешение воздуха с водой;
- высокая окисляемость (до $7,5 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$) в паводковый период также ухудшает эффективность обезжелезивания воды.

Трехвалентное железо попадает в фильтрат при использовании крупнозернистых загрузок (в данном случае – керамзит), а также при неэффективных и редких промывках фильтров. В связи с этим в качестве загрузки необходимо использовать мелкозернистые материалы, например, кварцевый песок.

При увеличении скорости фильтрации до 17 м/ч также можно достичь ПДК железа в фильтрате. Использование биозагрузки позволит протекать процессу обезжелезивания более эффективно.

При внедрении указанных мероприятий окажется возможным исключение второй ступени очистки или использование ее только в период ухудшения качества воды, что является рациональным решением, как в экономическом, так и в эксплуатационном отношении.

Станция обезжелезивания Брест Белорусской железной дороги. На станции обезжелезивания установлено 15 фильтров, 9 из которых рабочие и 6 резервные. В качестве загрузки фильтра используется топливный шлак Бурштынской ГРЭС (в семи фильтрах) и кварцевый песок (в двух фильтрах).

Технология обезжелезивания воды следующая: от скважин вода по трубопроводу диаметром 200 мм подается в смеситель, где происходит ее контакт с воздухом. Насыщенная воздухом вода поступает на блок фильтров. Направление движения фильтрационного потока – сверху вниз. Обезжелезенная вода от фильтров самотеком переливается в резервуары чистой воды, а затем насосами второго подъема подается в разводящую водопроводную сеть.

Промывка фильтров производится в случае концентрации железа в фильтрате воде более $0,3 \text{ мг/дм}^3$, которая устанавливается химической лабораторией станции обезжелезивания.

После проведения многократных экспериментов было рекомендовано осуществлять промывку фильтрующей загрузки один раз в четверо суток. В противном случае наблюдается недостаточная эффективность работы фильтров. Ежедневно производится последовательная промывка двух фильтров.

Процесс промывки фильтра осуществляется в три этапа:

- в течение 5 минут производится взрыхление фильтрующей загрузки;
- подача воздуха уменьшается на 50% и в течение 15 минут продолжается промывка фильтра;
- подача воздуха прекращается, и в течение 15 минут осуществляется отмывка загрузки.

Интенсивность подачи воды – $13\text{--}15 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$. Замена фильтрующей загрузки производится частично в зависимости от эффекта очистки воды. Средний срок использования фильтрующей загрузки составляет 1,2 года.

Промывная вода сбрасывается в мелиоративный канал без очистки.

Система очистки станции обезжелезивания Брест обеспечивает нормативную концентрацию железа в питьевой воде. Однако основным недостатком работы станции является отсутствие мероприятий по утилизации уловленного железосодержащего осадка.

Станция обезжелезивания санатория-профилактория «Талька» Белорусской железной дороги. Из артезианских скважин вода поступает в резервуар объемом 100 м³. из которого насосами подается через смеситель, где происходит ее смешивание с воздухом от компрессорной установк, поступает на фильтры, а затем под остаточным напором на бактерицидную установку. После обеззараживания вода по трубопроводу диаметром 150 мм поступает в водонапорную башню и далее в разводящую водопроводную сеть санатория.

Состав загрузки фильтров представлен в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Состав загрузки фильтра 1

Материал загрузки	Фракция, мм	Высота слоя, мм
Песок	10 x 18	335
Песок	6 x 9	140
Песок	2 x 3	151
Песок	0,6 x 0,8	428
Пиролюзит	0,85 x 0,35	270
Cullcite	0,8 x 2	234

Таблица 2

Состав загрузки фильтра 2

Материал загрузки	Фракция, мм	Высота слоя, мм
Омарганцованный песок	10 x 18	72
Омарганцованный песок	6 x 9	72
Омарганцованный песок	2 x 3	153
Cullex		974

Станция обезжелезивания эффективно очищает воду от соединений железа до нормативных показателей, однако в системе обезжелезивания воды санатория-профилактория «Талька» необходимо предусмотреть мероприятия по утилизации образующегося железосодержащего осадка.

Таким образом при исследовании работы основных водоочистных комплексов предприятий Белорусской железной дороги было установлено, что в ряде случаев вода очищается от ионов железа недостаточно эффективно. С учетом индивидуальных особенностей состава исходной воды были предложены методы обезжелезивания, применение которых позволит повысить эффект удаления из воды ионов железа.

Другой проблемой водоочистных комплексов является отсутствие мероприятий по утилизации образующихся железосодержащих осадков. В большинстве случаев промывная вода от фильтров с повышенным

содержанием в ней нерастворимых соединений железа без предварительной очистки сбрасывается в существующий водный объект. В связи с этим были рекомендованы методы утилизации образующегося осадка на основе новейших разработок отечественных и зарубежных ученых. Применение предложенных способов вторичного использования отходов позволит предотвратить загрязнение и заиливание водоемов, уменьшить объем осадка, вывозимого на полигоны ТБО, а также использовать образующийся шлам в качестве наполнителей различных строительных материалов.

Литература

1. Об утверждении гигиенических нормативов: утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25 января 2021 г. № 37. – Мн. – 1255 с.

УДК 628.196

Насыщенный раствор озона – перспективный аналог хлорсодержащим дезинфицирующим средствам

Каравацкая К.С., Марушевский В.О.

Научный руководитель Комаров М.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Насыщенный раствор озона – это не просто альтернатива хлору, это комплексное решение для дезинфекции и очистки. Помимо уже известных преимуществ, таких как меньшая коррозия и повышенная экологичность, озонная обработка воды демонстрирует исключительную эффективность в разрушении широкого спектра органических загрязнителей. Возможность комбинирования озонной обработки с другими технологиями делает ее идеальным инструментом для достижения максимальной эффективности очистки и решения самых сложных задач в различных областях: от обработки питьевой воды до дезинфекции в медицинских учреждениях.

В Республике Беларусь водоснабжение промышленных предприятий и населенных пунктов в большинстве случаев осуществляется из пресных подземных источников. С течением времени скважины для забора подземных вод и водопроводные сети подвергаются микробному загрязнению, что может привести к вспышкам инфекций, передающихся водой по городским системам водоснабжения [1]. Причиной увеличения