

## **Анализ способов утилизации осадков, образующихся при работе станций обезжелезивания Белорусской железной дороги**

Каравацкая К. С., Марушевский В. О.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель Грузинова В.Л., к.т.н., доцент

*В работе исследуются способы утилизации осадков, образующихся при обезжелезивании воды на станциях Белорусской железной дороги. Рассмотрены возможности использования осадков в строительстве, сельском хозяйстве и других отраслях. Предложены рекомендации по выбору оптимальных технологий утилизации.*

Использование подземных вод для питьевого водоснабжения нередко осложняется высоким содержанием в них растворенных соединений железа и марганца. 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 населения возможно только после их очистки от компонентов, содержание которых превышает установленные нормативы.

Железосодержащие подземные воды широко распространены в долинах рек, особенно в их среднем и нижнем течении, то есть в районах основного проживания населения. Концентрация железа в подземных водах этих районов составляет от 1-2 до 30 мг/дм<sup>3</sup> и более. Станции обезжелезивания становятся необходимыми элементом систем водоснабжения, позволяя эффективно очищать воду от избыточного железа, марганца и других примесей. Это не только улучшает качество питьевой воды, но и также способствует снижению затрат на ремонт и эксплуатацию водопроводных систем, предотвращает коррозию трубопроводов и оборудования. В условиях растущих экологических требований и потребностей населения в чистой воде, создание и модернизация станций обезжелезивания в Беларуси является важной задачей для обеспечения здоровья граждан и устойчивого развития страны [1].

Проблема утилизации осадка, образующегося на станциях обезжелезивания, является важным аспектом в управлении водными ресурсами в Беларуси. Процесс обезжелезивания воды может включать коагуляцию и осаждение, в результате чего образуется значительное

количество осадка, содержащего железо и другие примеси. Этот осадок требует надлежащей утилизации, чтобы минимизировать негативное влияние на окружающую среду.

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

На станции Лида промывка фильтров производится при концентрации железа в очищенной воде больше допустимой ( $0,3 \text{ мг/дм}^3$ ) и величине потерь напора больше  $6 \text{ м}$ , 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.

По данным лабораторных анализов остаточная максимально возможная концентрация железа в очищенной воде составляет  $0,22 \text{ мг/дм}^3$ . Массу уловленного осадка определим по формуле

$$W = \frac{Q \cdot (C_{cp} - C_k)}{1000} = \frac{1562 \cdot (1,884 - 0,22)}{1000} = 2,6 \text{ кг} / \text{сут}$$

где  $Q$  – суточный расход сточных вод,  $\text{м}^3$ ;  $C_{cp}$  – средняя концентрация железа в исходной воде,  $\text{мг/дм}^3$ ;  $C_k$  – концентрация железа в очищенной воде,  $\text{мг/дм}^3$ .

При влажности осадка  $96,5\%$  объем осадка в пересчете на  $Fe(OH)_3$  составляет  $0,14 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Годовое количество осадка составляет  $51,8 \text{ м}^3$ .

На станции Орша промывная вода от фильтров сбрасывается в приямок и далее по трубопроводу в р. Оршица. Количество образующегося железа по сухому веществу составит  $2,74 \text{ кг/сут}$ .

При влажности осадка  $96,5\%$  объем осадка в пересчете на  $Fe(OH)_3$  составит  $0,15 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Годовое количество осадка составляет  $56 \text{ м}^3$ .

На станции Брест суточное количество железа по сухому веществу, образующегося на станции составляет  $3,68 \text{ кг/сут}$ .

При влажности осадка  $96,5\%$  объем осадка в пересчете на  $Fe(OH)_3$  составляет  $0,2 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Годовое количество осадка составляет  $73,3 \text{ м}^3$ .

В санатории-профилактории «Талька» промывка фильтров производится очищенной водой из водонапорной башни и осуществляется 1 раз в сутки.

Согласно протоколам анализа, концентрация железа в очищенной воде превышает предельно допустимые значения. При этом количество выпавшего осадка в отстойнике по сухому веществу составит  $0,216 \text{ кг/сут}$ .

При влажности осадка 96,5% объем осадка в пересчете на  $Fe(OH)_3$  составляет 0,012 м<sup>3</sup>/сут. Годовое количество осадка составляет 4,3 м<sup>3</sup>.

В последние годы разработан и внедрен ряд методов по обезжелезиванию воды, позволяющих очищать исходную воду от ионов железа до концентраций, не превышающих предельно допустимые значения. Однако в связи с этим более остро встала проблема утилизации образующихся шламов. В результате исследования некоторых водоочистных комплексов Белорусской железной дороги было установлено, что образующиеся осадки «утилизируют» двумя способами:

- сброс с промывными водами в водоем;
- вывоз отходов на полигон после обезвоживания путем простейшего отстаивания.

Исследования, проведенные на кафедре химии Витебского государственного технологического университета, показали, что неорганические отходы станций обезжелезивания можно использовать для получения строительных материалов: цветной тротуарной плитки и фасадной краски.

Отходы водоочистных станций в естественном состоянии представляют собой влажную массу темно-коричневого цвета. В зависимости от времени года и места образования образцы содержат от 5 до 35% влаги. В пересчете на  $Fe_2O_3$ , содержание оксида трехвалентного железа в шламе некоторых станций изменяется в пределах от 14 до 22%, что по качественным показателям соответствует строительному пигменту «охра». Цвет непрокаленных сухих отходов оранжевый.

Для получения строительного пигмента «сурик» шлам необходимо прокалить. Учитывая, что большинство солей кальция, магния и железа разлагаются при температуре 350–800 °С, отходы необходимо прокалывать при температуре 800 °С в течение одного часа. Цвет прокаленных отходов темно-красный, содержание оксида трехвалентного железа 68–84%, что соответствует норме.

По уровню антикоррозийной защиты и устойчивости к ультрафиолетовому облучению железосодержащие пигменты на основе осадков превосходят обычно применяемый красный железистый оксидный пигмент, который получают из железного купороса. В то же время его изготовление является экологически более чистым процессом и технологически более простым.

Далее можно предложить следующие способы экологической утилизации осадка:

- производство цветной тротуарной плитки с использованием отходов водоочистных станций;

- получение строительного пигмента из отходов водоочистных станций;
- получение фасадных красок;
- фасадная краска на основе полистирола;
- фасадная краска на основе акриловых полимеров.

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 водоем. В связи с этим были рекомендованы методы утилизации образующегося осадка на основе новейших разработок отечественных и зарубежных ученых. Применение предложенных способов вторичного использования отходов, прежде всего, 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: Постановление Совета Министров Республики Беларусь 25 января 2021 г. №37. – Мн. -1255 с.

УДК 696.48

#### **Способы нагрева воды для систем горячего водоснабжения**

Шилкова Е.М.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель Лемеш М.И., ст. преподаватель

*В современном мире невозможно представить жизнь без горячей воды, поэтому важно развивать и внедрять эффективные и экологически безопасные способы её нагрева, способствующие сохранению окружающей среды и повышению энергоэффективности.*

Горячее водоснабжение является важной составляющей инфраструктуры, обеспечивающей комфорт и удобство в повседневной жизни. Оно играет ключевую роль в выполнении бытовых задач, таких как мытье, стирка, приготовление пищи и отопление помещений. Конструкции систем горячего водоснабжения могут значительно отличаться по