

УДК 628.161.2

А. Н. Беляев, Д. С. Лысов, И. В. Флегентов, Б. И. Дегтерев

К ПРОБЛЕМЕ ОБЕСКРЕМНИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

В статье дается описание технологической схемы магниальной обработки воды из подземных источников с повышенным содержанием кремния. Схема разработана с учетом результатов экспериментальных исследований, выполненных на действующем водозаборе подземных вод, и предполагает включение в технологическую цепь проточного кавитационного реактора типа «труба в трубе» с целью интенсификации процесса обескремнивания воды, а также многократное использование осадка, образующегося после гидродинамической кавитационной обработки воды в присутствии оксида магния. Дана ориентировочная оценка затрат на реализацию предложенной технологии. Полученные результаты говорят об экономической целесообразности промышленного использования данного направления водоподготовки. Материал может быть полезен специалистам в области проектирования систем водоподготовки и очистки сточных вод, руководителям и специалистам коммунального сектора.

Ключевые слова: питьевая вода, обескремнивание, магниальный метод, гидродинамическая кавитация, сорбент, фильтрация.

Одной из важных проблем, возникающих при внедрении водоснабжения населения из подземных источников, является необходимость обескремнивания воды. Это актуально для Восточно-Предкавказского, Западно-Сибирского, Ангаро-Ленского, Причерноморского, Московского, Азово-Кубанского, Сахалинского, Печерского, Волго-Камского артезианских бассейнов [2]. По данной причине предприятия водопроводно-канализационного комплекса обязаны проектировать и строить водозаборы с технологией кондиционирования по кремнию до соответствующих уровней, однако многократно опробованной и эффективной при любых условиях и качестве воды технологии изъятия кремния в настоящее время не существует.

Традиционные широко используемые методы очистки воды от кремния сопряжены с высоким уровнем энергопотребления, связанного с необходимостью подогрева очищаемой воды. Поиск новых способов интенсификации известных технологических процессов, снижения энерго- и материалозатрат является важной задачей. Весьма перспективным направлением представляется использование для очистки воды кавитационных процессов. При этом возможно значительное снижение общих энергозатрат при неизменной эффективности водоподготовки [1].

Экспериментальные исследования, выполненные на площадке МУП «Водоканал г. Глазова» сотрудниками кафедры ПромБИС ВятГУ, в итоге имели следующие результаты:

1) установлено, что обработка воды оксидом магния – единственно приемлемая для условий г. Глазова технология, обеспечивающая гарантированное снижение содержания кремния в воде подземных источников ниже допустимого уровня ($\text{ПДК}_{\text{Si}} = 10 \text{ мг/дм}^3$) при минимальном технологическом оснащении процесса;

2) экспериментально установлена концентрация MgO , позволяющая эффективно (за минимальную продолжительность процесса) обескремнивать воду. Данная концентрация составляет 500 мг/дм^3 .

Сформулированы предложения для реализации означенной приемлемой технологии:

1) для интенсификации процесса обескремнивания воды необходимо использовать гидродинамические кавитационные (ГДК) процессы, которые могут быть реализованы при использовании кавитационного реактора оригинальной многоуровневой конструкции типа «труба в трубе» [4];

2) в технологической схеме должно быть предусмотрено многократное использование осадка, образующегося после ГДК обработки воды в присутствии MgO . Кратность использования осадка будет определяться после натуральных исследований на действующей технологической линии;

3) дополнительное повышение эффективности обескремнивания может быть достигнуто за счет использования фильтра, в частности, заполненного магнезитом. Параметры фильтрации будут определяться типом используемого оборудования и режимом его работы.

На основании полученных результатов была разработана технологическая схема обработки воды с разбивкой ее на три параллельные линии максимальной производительностью 250, 250 и 63 м³/ч. На примере технологической линии производительностью 250 м³/ч осуществлен выбор современного технологического оборудования.

Предлагаемая технология предполагает следующую последовательность процессов [2]:

- 1) подача в систему исходной воды и смешивание ее с суспензией магнезиального сорбента;
- 2) подача смеси в кавитационный реактор, обеспечивающий интенсификацию сорбции кремнекислых соединений магнезиальным сорбентом;
- 3) подача обработанной в кавитационном реакторе смеси в камеру хлопьеобразования для протекания коагуляционных процессов, сопровождающихся образованием диспергированных в объеме хлопьев, и дегазации воды;
- 4) подача образовавшейся взвеси в осветлитель для осаждения хлопьевидных агрегатов;
- 5) удаление осадка из осветлителя, подача предочищенной воды в фильтр, заполненный магнезиальным сорбентом;
- б) вывод отфильтрованной воды из системы очистки и подача в водоразборную сеть.

Предлагаемое техническое решение предусматривает многократное использование магнезиального сорбента, накапливающегося в виде суспензии в ёмкости для шлама осветлителя, из которой в зависимости от назначения он подаётся насосом-дозатором либо повторно в линию очищаемой воды, либо в блок обезвоживания и переработки шлама. После истощения сорбционной ёмкости шлама он утилизируется либо реализуется как сырьё для приготовления

магнийсодержащих удобрений, огнеупорных материалов, магнезиального цемента или как лигатура для получения сплавов в металлургии.

Магнезиальный сорбент в фильтрах после истощения его сорбционной емкости подлежит замене.

Ориентировочная оценка возможных материальных затрат на реализацию технологии обескремнивания воды водозабора «Сянино» показала, что основная доля затрат приходится на емкостное оборудование: камеры хлопьеобразования, осветлитель и фильтр.

Традиционные сооружения обработки воды, выполненные из монолитного или сборного железобетона, находятся, как правило, в чрезвычайно агрессивных для них условиях эксплуатации, где скорость коррозии достигает $25 \div 40$ мм/год и более, увеличиваясь с ростом периода их эксплуатации [3]. Статистика аварийных ситуаций показывает, что очистные сооружения в железобетонном исполнении в $\frac{2}{3}$ случаев подвержены коррозионным разрушениям, а в $\frac{1}{3}$ случаев аварии вызваны физико-механическими воздействиями. Поэтому авторы настоящей работы предлагают использовать современный композитный материал – стеклопластик.

Сооружения, выполненные из композитного стеклопластика, исключают появление негативных факторов. Емкости из армированных стекловолокном полиэфирных смол являются инженерными сооружениями, выдерживающими как наружные нагрузки в виде грунта и грунтовых вод, так и вес установленного оборудования.

При проведении пуско-наладочных испытаний опытной линии по данным показателей качества воды в процессе ее обработки возможна корректировка технического исполнения, а также добавление или исключение некоторых элементов схемы. Так, если при проведении технических испытаний осветлителя содержание кремния на выходе составит значение менее 3 мг/дм^3 , а концентрация по взвешенным веществам не более 1,7 ПДК, то фильтрацию можно не использовать. При превышении содержания взвешенных веществ целесообразно

заменить фильтрацию через магномассу обычным напорным или безнапорным фильтром. Причем перспективно использование дисковых фильтров, производимых шведской компанией Hydrotech. В сравнении с другими типами они обладают рядом преимуществ, представленных в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика фильтровальных систем

Тип фильтров	Занимаемая площадь, м ²	Относительная стоимость, %	Остаточное содержание взвешенных веществ, мг/дм ³
Дисковые фильтры	80	100	~ 3
Песчаные фильтры	280	220	1 ÷ 2
Ультрафильтрационные мембраны	200	1250	1

Оценочный расчет основных экономических показателей на внедрение технологии показал, что себестоимость обработки 1 м³ воды составит:

- при магнезиальной доочистке 3,51 руб/м³;
- при доочистке на дисковых фильтрах 3,29 руб/м³;

приведенные затраты:

- при магнезиальной доочистке 25,6 млн. руб/год;
- при доочистке на дисковых фильтрах 24,0 млн. руб/год.

Следует подчеркнуть бóльшую экономическую целесообразность технологии с доочисткой на дисковых фильтрах. Однако возможность ее использования, как уже было указано, может быть обоснована только на стадии пусконаладочных работ опытной линии.

В заключение можно сформулировать основные итоги настоящих исследований: разработана технологическая схема обработки воды с разбивкой ее на три параллельные линии, осуществлен выбор оборудования на примере технологической линии производительностью 250 м³/ч, предложены два варианта организации процесса доочистки воды в зависимости от результатов предвари-

тельных испытаний, выполнен оценочный расчет основных экономических показателей внедрения технологии.

Список литературы

1. *Беляев А. Н., Флегентов И. В.* Гидродинамическая кавитационная обработка как инструмент интенсификации реагентных процессов в промышленных технологиях // Журнал прикладной химии. – 2014. – Т. 87, № 8. – С. 1092–1100.
2. Кавитационная интенсификация процесса магниального обескремнивания при водоподготовке / А. Н. Беляев, Д. С. Лысов, И. В. Флегентов и др. // Вода: химия и экология. – 2015. – № 12. – С. 25–30.
3. *Розенталь Н. К.* Коррозия и защита бетонных и железобетонных конструкций сооружений очистки сточных вод // Бетон и железобетон. – 2011. – № 11. – С. 78–85.
4. Способ обеззараживания воды синергетическим воздействием: пат. 2445272 Рос. Федерация № 2010141209/05; заявл. 07.10.2010; опубл. 20.03.2012, бюл. № 8.

БЕЛЯЕВ Андрей Николаевич – кандидат технических наук, заведующий кафедрой промышленной безопасности и инженерных систем, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: belyaev71@list.ru

ЛЫСОВ Дмитрий Сергеевич – аспирант кафедры промышленной безопасности и инженерных систем, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: siitor@yandex.ru

ФЛЕГЕНТОВ Игорь Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры промышленной безопасности и инженерных систем, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: flegentov@vyatsu.ru

ДЕГТЕРЕВ Борис Иванович – кандидат технических наук, профессор кафедры промышленной безопасности и инженерных систем, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: b.degterev@mail.ru