

## КАВИТАЦИОННАЯ ОЧИСТКА ВОДЫ

Мельников С.А.

Донецкий национальный технический университет

### *Відчищення води з використанням кавітаційного ефекту*

Экологи всего мира называют множество факторов технологических процессов разрушающих природу. Но все сходятся во мнении что, наиболее сильное отрицательное воздействие всех технологических процессов отражается на водных ресурсах планеты. Нехватка чистой питьевой воды отмечается во всех регионах мира и в том числе в Украине. Известно что, более одного миллиарда людей - приблизительно пятая часть населения земного шара испытывают недостаток в чистой питьевой воде. Однако из наиболее перспективных направлений по обеспечению населения чистой водой является очистка существующей загрязненной воды. Для Донбасса характерно что, основным источником загрязненной воды являются шахты. Шахтные воды - это все подземные и поверхностные воды, которые поступают в горные выработки и влияют на условия подготовки и эксплуатации месторождения.

Вода, прежде чем поступает в подземные выработки, проходит значительное расстояние по трещинам и порам горных пород, насыщается различными веществами, которые могут находиться в ней во взвешенном, коллоидном и растворенном состоянии. Вследствие этого удельный вес шахтной воды при  $t = 15^{\circ}\text{C}$  больше веса чистой воды и колеблется в пределах от 1015 до 1025 кг/м<sup>3</sup>.

Количество взвешенных веществ в шахтной воде выражается в миллиграммах на литр. На шахтах Донецкого бассейна содержание твердых примесей в шахтных водах достигает 3 г/л. В коллоидном состоянии в шахтной воде встречается главным образом кремнезем  $\text{SiO}_2$ , глинозем  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , окись железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , а также органические вещества.

В шахтной воде могут содержаться также кислород  $\text{O}_2$ , углекислота  $\text{CO}_2$ , азот  $\text{N}_2$ , метан  $\text{CH}_4$ , сероводород  $\text{H}_2\text{S}$ , водород  $\text{H}_2$ .

Кислотность шахтной воды определяют по степени концентрации водородных ионов  $\text{H}^+$  или пользуются водородным показателем  $\text{pH} = 1\text{y}[\text{H}^+]$ . Для кислой воды  $\text{pH} < 7$ , для щелочной  $\text{pH} > 7$  и для нейтральной  $\text{pH} = 7$ .

Кислотность воды в шахте не постоянна и обычно увеличивается в весенний период, когда наряду с ростом притока водородный показатель  $\text{pH}$  снижается в 2...3 раза.

Сильно кислая вода ( $\text{pH} < 3$ ) обладает значительными агрессивными свойствами по отношению к металлу. Поэтому при наличии такой воды необходимо применять специальные меры для обеспечения надежной работы водоотливных установок.

На шахтах Донбасса вода кислая с показателем концентрации водородных ионов  $0,8 \dots 5$ . На некоторых шахтах Донбасса шахтная вода имеет щелочную реакцию с показателем концентрации водородных ионов  $\text{pH} > 8 \dots 12$ .

Шахтная вода обычно сильно минерализованная и жесткая. Жесткость воды обуславливается присутствием в ней солей кальция, магния, железа. За единицу измерения жесткости принят  $1\text{мГ}$  - эквивалент ионов кальция и магния, содержащихся в  $1\text{ л}$  воды.  $1\text{мГ}$ -экв. жесткости соответствует содержанию  $20,04\text{ мг/л Ca}^{++}$  или  $12,16\text{ мг/л Mg}^{++}$ . Вышеизложенное указывает на то, что использование шахтной воды без предварительной ее обработки практически невозможно, а также ее сброс в водоемы влечет их засорение и угрозу их флоре и фауне.

В настоящее время существует ряд направлений по очистке воды и ее обеззараживанию. Очистка воды от твердых примесей в основном эффективно решается за счет применения фильтров различной конструкции, которые позволяют обеспечить необходимые параметры питьевой воды. Задача обеззараживания - биологической очистки воды в настоящее время решена частично. Для биологической очистки воды с целью обеззараживания традиционно применяются ультрафиолетовые лампы низкого давления. Они частично выполняют свои функции. К сожалению, они малоэффективны при уничтожении спорообразующих бактерий, вирусов, грибков, водорослей и плесени. Эффективные дозы облучения для обеззараживания споровых форм и грибков достигает  $100 \dots 300\text{ мДж/см}^2$ , а вышеупомянутые лампы могут обеспечить только  $16\text{ мДж/см}^2$ . Низкая эффективность данного метода обеззараживания воды связана с необходимостью частого обслуживания установки, а именно, чистки защитных оболочек ультрафиолетовых ламп.

Предлагаемый метод очистки воды позволяет избежать недостатков присущих способу с использованием ультрафиолетового облучения. Метод биологической очистки воды заключается в использовании гидродинамического автоколебательного эффекта. Разработанное устройство позволяет эффективно преобразовывать энергию потока турбулентной затопленной струи жидкости в гидродинамические автоколебания вызывающие кавитационный эффект в жидкости. Устройство представляет собой прямоточный гидродинамический излучатель. Прямоточный гидродинамический

излучатель состоит из двух устройств, а именно, возбудителя колебаний и колеблющейся системы, которая создает кавитацию в так называемой кавитационной области. Кавитационная область создается внутри потока жидкости и не соприкасается с поверхностями его ограничивающими, что исключает их износ. В устройстве в качестве излучателя применена упругая пластина, на которую воздействует поток жидкости, вызывая в ней изгибные колебания, основная собственная частота которых определяется по формуле:

$$f_{nc} = \frac{at}{l^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

где:

- а - коэффициент пропорциональности, зависящий от способа крепления пластины;
- l - длина пластины;
- t - толщина пластины;
- E - модуль упругости;
- $\rho$  — плотность материала пластины;

Следует отметить, что масса пластины участвующая в процессе образования кавитационной зоны несколько снижает собственную частоту. В струе жидкости воздействующей на пластину возникают колебания, частота которых определяется по формуле:

$$f_{cmp.} = kv/h$$

где:

- v - скорость струи;
- h - расстояние между соплом и пластиной;
- k — коэффициент пропорциональности, зависящий от скорости и расстояния до пластины

Наиболее эффективна работа гидродинамического излучателя при совпадении, и  $f_{cmp}$  и  $f_{nc}$ .

При движении жидкости со скоростью 20... 30 м/с и избыточном давлении 5...10кг/см в прямоточном гидродинамическом излучателе генерируются колебания, частота которых достигает 25кГц.

вызывающие кавитацию - разрыв сплошности потока жидкости с образованием пузырьков, давление внутри которых намного превышает давление в потоке. При «всхлопывании» пузырьков выделяется огромное количество энергии. Причем, микробы, споры грибов, инородные тела провоцируют образование вокруг них кавитационного пузырька. При «всхлопывании» пузырьков, вследствие выделения огромного количества энергии полностью уничтожается микрофлора, присутствующая в жидкости. При применении данного способа уничтожаются такие споры плесени, как *Aspergillus niger*. Этот вид спор плесени вообще не уничтожается ультрафиолетовым излучением.

Процессы происходящие в так называемой кавитационной области до конца не изучены и подлежат детальному изучению. Как показали исследования, при изменении частотных характеристик гидродинамического излучателя, а именно, изменения частоты колебаний в пределах 15... 20 кГц наблюдается разрушение на молекулярном уровне химических соединений и элементов, присутствующих в загрязненной воде. Это позволит эффективно очищать сильно загрязненные воды, к которым в большинстве случаев относятся шахтные воды.

Кавитационный метод очистки воды с использованием гидродинамического излучателя эффективен и прост в реализации.

#### **Литература:**

1. Финько В.Е. Особенности охлаждения газа и сжижения газа в вихревом потоке. Журнал технической физики. 1983.Т.9. С. 1770-1776.
2. Бреховский Л.М. ..Гончаров В.В. Введение в механику сплошных сред. М. Наука.