

УДК 537.8

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА АКТИВНЫЙ ИЛ В ВОДЕ

А. С. Бирюков, В. Ф. Гавриков, А. Ш. Недува, Л. О. Никифорова

*В работе представлены результаты исследования влияния постоянного электрического поля на активный ил азротенков. Экспериментально обнаружено, что удельная скорость окисления органических соединений активным илом по мере увеличения его обработки электрическим полем возрастает на величину вплоть до 90.5%, а затем уменьшается. Дано обоснование наблюдаемому эффекту. Полученные результаты в ближайшее время могут найти широкое применение при очистке загрязненных органическими соединениями сточных вод.*

**Ключевые слова:** активный ил, электрическое поле, очистка сточных вод.

В работах [1, 2] представлены результаты экспериментальных и теоретических исследований воздействия магнитного и электрического полей на водную среду. Показано, что в протекающей через поперечное магнитное поле воде или при действии постоянного электрического поля на движущуюся или покоящуюся воду в ней наблюдается бактерицидный эффект. В экспериментах, например, обнаружено, что после обработки постоянным магнитным полем воды, содержащей кишечную палочку, ее коли индекс (*E. Coli*)  $N_{E.C.}$  уменьшается более чем на 90%. При этом в опытах минимальное время нахождения воды в магнитном поле составляло примерно 3.8 мс. При обработке вод электрическим полем эффект обеззараживания достигал величин 99% и более.

Далее обнаружено, что увеличение солесодержания в воде снижает эффективность обеззараживания. Так, при обработке воды, содержащей 2 г/л NaCl, электрическим полем эффективность обеззараживания оказалась равной нулю.

Аналогичные результаты наблюдаются и при обработке движущейся воды магнитным полем.

В [1, 2] бактерицидный эффект воды объясняется тем, что в ней появляются “свободные” диполи, напряженность электрического поля вблизи которых превышает величину

---

ИЦВО РАН, 119991, Москва, ул. Вавилова, 38; e-mail: biriukov@fo.gpi.ru.

$10^7$  В/м. В обычном состоянии вода состоит из ячеек, представляющих собой объединения молекул. На поверхности этих ячеек электрический потенциал практически равен нулю [3]. При воздействии на воду внешних полей диполи  $H_2O$  выстраиваются внутри ячейки в направлении электрического поля или в перпендикулярном полю направлению в случае магнитного. В результате этого между диполями в объеме ячейки возникают силы отталкивания (нарушается равновесие). Эти силы ведут к процессу разрушения ячейки с поверхности, и в воде появляются “свободные” диполи (отдельные молекулы  $H_2O$  и фрагменты ячеек).

Количество “свободных” диполей зависит от напряженности поля и длительности его воздействия. Также от этих параметров зависят и бактерицидные свойства воды.

В природе на Земле имеются постоянное электрическое (130 В/м) и магнитное поля. Однако в этих естественных условиях гибели микроорганизмов в воде не наблюдается. Скорость разрушения ячеек в результате воздействия полей быстро возрастает с ростом напряженности поля, и ее поведение весьма напоминает пороговый характер.

В настоящей работе представлены результаты исследований воздействия электрического поля на активный ил аэротенков. Под активным илом понимаются взвешенные в воде частицы, состоящие из большого числа ( $10^8 - 10^{14}$ ) бактерий, представляющих 5–8 различных их видов. Размер самих этих частиц варьируется от десятых долей до миллиметров в диаметре. Активный ил используется для удаления органических соединений, присутствующих в поступающей в аэротенк загрязненной воде. В аэротенке осуществляется аэрация – насыщение воды кислородом для обеспечения жизнедеятельности активного ила. Объем аэротенка в экспериментах составлял величину 1 л. Нами в качестве питания активного ила (загрязнения) использовался керосин. Вода с активным илом возвращалась в аэротенк, проходя через постоянное электрическое поле напряженностью около 5 кВ/м. Расход воды составлял 11.2 л/час. Электрическое поле создавалось двумя металлическими пластинами размером  $2.5 \times 2.5$  см<sup>2</sup>, расположенными с противоположных сторон трубопровода. При внутреннем диаметре трубопровода 6 мм скорость движения жидкости между электродами при указанном выше ее расходе составляла 11 см/с. Измерялись: скорость эндогенного дыхания микроорганизмов активного ила (количество поглощенного в единицу времени кислорода, отнесенное к единице массы активного ила) и удельная скорость окисления органических соединений.

Результаты экспериментов по измерению удельной скорости  $p_t$  окисления органических соединений активным илом представлены в табл. 1 ( $p_0$  – удельная скорость окис-

ления без поля). Аналогична и временная зависимость скорости эндогенного дыхания бактерий.

Т а б л и ц а 1

Время измерения  $t$ , суммарное время нахождения произвольно выделенного элемента активного ила аэротенка в постоянном электрическом поле при многократной его циркуляции в течение времени измерения через межэлектродный зазор  $t_{a.b.}$ ,

$$p_t, \Delta = (p_t/p_0 - 1) \times 100\%,$$

$p_0$  – удельная скорость окисления без поля

$t$ , мин	0	14	23	45	87	180
$t_{a.b.}$ , с	0	0.60	0.98	1.92	3.72	7.70
$p_t$ , мгО/г × час	21	26	29	37	40	28
$\Delta$ , %	0	23.8	38.1	76.2	90.5	33.3

Из табл. 1 следует, что  $p_t$  вначале возрастает вплоть до 90.5%, а затем уменьшается. С чем это связано?

Как отмечалось выше, при обработке воды постоянным электрическим полем в ней образуются “свободные” диполи [1, 2], которые ведут к гибели микроорганизмов при непосредственном с ними контакте.

С другой стороны, частицы активного ила имеют весьма развитую поверхность на 1 г сухой массы и имеют размер до нескольких мм в поперечнике [4]. Известно также, что в цитоплазме клетки бактерии содержится 70–80% воды и 1–1.5 г/л минеральных солей. Иными словами, цитоплазма клетки является электролитом. В результате, при нахождении бактерии в электрическом поле происходит ее поляризация, и клетка становится диполем. Благодаря этому между бактериями возникают силы отталкивания по всему объему частицы активного ила. И частица ила начинает разрушаться аналогично тому, как это происходит с ячейками воды [1, 2].

Таким образом, в результате разрушения частиц активного ила увеличивается их общая поверхность. А в процессах эндогенного дыхания и окисления органических соединений основную роль играют бактерии, находящиеся вблизи поверхности частиц активного ила. Поэтому регистрируется возрастание  $p_t$ .

Содержание “свободных” диполей в воде со временем увеличивается. Эти два процесса – возрастание общей поверхности активного ила и количества “свободных” диполей – идут параллельно. Вначале преобладает процесс увеличения поверхности активного ила, приходящейся на 1 г сухого вещества. Поэтому наблюдается возрастание  $p_t$  со

временем. Затем начинает преобладать процесс гибели бактерий при столкновении со “свободными” диполями. Поэтому  $p_t$  начинает уменьшаться, что видно из табл. 1.

Обнаруженный эффект и его объяснение могут найти практическое применение при очистке сточных вод.

В заключение отметим, что “свободные” диполи, обладающие вблизи себя высокой напряженностью электрического поля, могут приводить к гибели не только бактерий, но и других микроорганизмов, в том числе вирусов.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] В. Ф. Гавриков, Л. О. Никифорова, *Химическая технология*, N 11, 38 (2005).
- [2] A. S. Biryukov, V. F. Gavrikov, L. O. Nikiforova, and V. A. Shcheglov, *Journal of Russian Laser Research* **26**(1), 13 (2005).
- [3] С. В. Зенин, *Вода* (Изд-во 7ТМО, Москва, 2003).
- [4] С. В. Яковлев, Т. А. Корюхина, *Биохимические процессы в очистке сточных вод* (М., Стройиздат, 1980).

Поступила в редакцию 16 января 2013 г.