

По формальным совокупностям уравнений (22) составляют модель второго уровня описания при условии, что эффект замещения состава смеси в объёме, на границе которого имеет место каталитическая химическая реакция имеет малый порядок в сравнении с тепловым эффектом реакции. Модель, в которой эффекты замещения и тепловой порядок, будут рассмотрены в последующих публикациях.

Литература

1. Боресков Г. К. Гетерогенный катализ. – М.: Наука, 1986. – 304 с.

2. Киперман С. Л. Основы химической кинетики в гетерогенном катализе. – М.: Химия, 1979. – 352 с.
3. Быков В. И. Моделирование критических явлений в химической кинетике. – М.: Наука, 1988 – 263 с.
4. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. 4 изд. – М.: Наука ГРФМЛ., 1973. – 848с.
5. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. т. VI. Гидрогазодинамика. – М.: Наука. ГРФМЛ., 1986. – 736с.
6. Лойцянский Л. Г. Ламинарный пограничный слой. – М.: Наука. ГРФМЛ., 1962. – 480с.
7. Пригожин И., Кондопуди Д. Современная термодинамика. – М.: Мир., 2002. – 462с.
8. Тарг С. М. Основные задачи теории ламинарных течений. – М.–Л.: ГИТТЛ., 1951 – 420с.

Досліджено процеси видалення сульфідів. Розроблена технологічна установка для очищення природних і стічних вод від сульфідів

Ключові слова: стічні води, технологічна установка, сульфідів

Исследованы процессы удаления сульфидов. Разработана технологическая установка для очистки природных и сточных вод от сульфидов

Ключевые слова: сточные воды, технологическая установка, сульфиды

The processes of removal of sulfides are investigated. A technological setting is developed for the cleaning of natural and waste waters from sulfides

Keywords: waste water, technological setting, sulfides

УДК 66.066

ТЕХНОЛОГИЯ УДАЛЕНИЯ СУЛЬФИДОВ

Э.О. Бутенко

Аспирантка*

Контактный тел.: (0629) 53-40-08

E-mail: butenkoeo@rambler.ru

А.Е. Капустин

Доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой*

*Кафедра химической технологии и инженерии Приазовский государственный технический университет ул. Университетская, 7, г. Мариуполь, Украина, 87500

Контактный тел.: (0629) 41-62-72

E-mail: kapustin_a_e@pstu.edu

Введение

Наличие в воде сульфидов (сероводорода) придает воде неприятный запах, интенсифицирует процесс коррозии трубопроводов и вызывает их зарастание вследствие развития серобактерий [1]. Сульфиды оказывают на человека токсическое действие и вызывают раздражение кожи. Сероводород ядовит для живых организмов. Токсичность сульфидов не настолько велика, чтобы вызвать острое отравление, но при длительном употреблении воды, содержащей упомянутые вещества в концентрациях выше нормативных, может

развиться хроническая интоксикация, приводящая в итоге к той или иной патологии. Следует учитывать также, что токсическое воздействие веществ может проявляться не только при оральном (через рот) поступлении их с водой, но и при всасывании через кожу в процессе гигиенических (душ, ванна) или оздоровительных (плавательные бассейны) процедур. Также наличие в воде сульфидов (сероводорода) придает воде неприятный запах. При высоких концентрациях сероводорода появляется головная боль, головокружение, бессонница, общая слабость, кашель. Наблюдается также общее нейротоксическое действие.

При повышенном содержании органических соединений в основном отмечают развитие рака легких, утомление, головокружение, головная боль, а также снижение иммунитета, обострение аллергических реакций.

Поэтому необходим поиск новых альтернативных сорбентов, которые обладали бы высокой степенью извлечения и при этом не обладали бы высокой стоимостью.

Существует большое количество сорбентов с помощью которых удаляют различные виды загрязнителей из водной фазы [2]. Эффективным является активированный уголь, однако его использование ограничено его высокой стоимостью. Кроме того, сорбционные процессы с его участием являются физическими, сорбированные анионы не связаны с матрицей химическими связями, что делает процессы захоронения рискованными вследствие возможного обратного процесса десорбции. Также, исследованные ранее модифицированные углеродные сорбенты обладали такими недостатками, как длительное установление сорбционного равновесия и малая степень адсорбции [3].

Целью нашей работы было исследование кинетики удаления сульфидов и разработка технологической установки для очистки природных и сточных вод от сульфидов.

Предварительно исследовали скорость окисления сероводорода воздухом в ламинарном режиме (рис. 1).

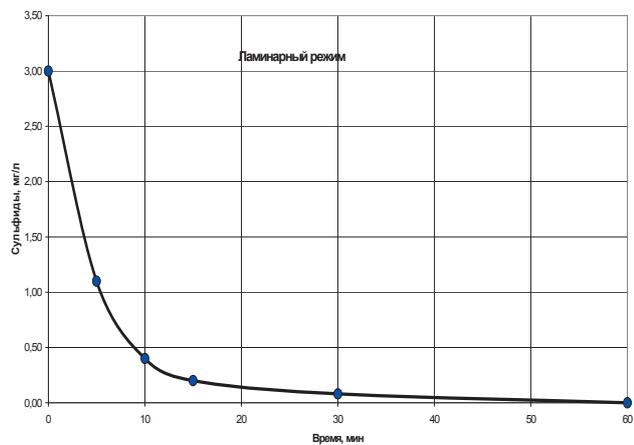


Рис. 1. Зависимость скорости окисления сероводорода воздухом в ламинарном режиме

Потребление кислорода в ламинарном режиме составляет 0,003 мг/л.с. Скорость потока воды в потоке составляет 0,285 м/с, сечение составляет 0,0825 м², расход воды равен 0,0235 м³/с, или 1,41 м³/мин, или 84 м³/час.

Время пребывания воды в потоке составляет 175 секунд, или примерно 3 минуты. При ламинарном течении потока за это время окислиться около 30% сульфидов.

Исследовали скорость окисления сульфидов воздухом в турбулентном режиме (рис. 2). Потребление кислорода при турбулентном режиме составляет 0,33 мг/л.с, или в 100 раз больше, чем в ламинарном режиме.

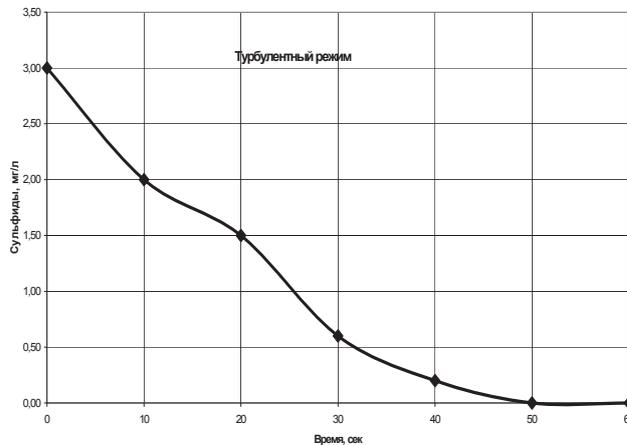
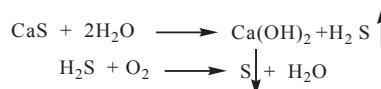


Рис. 2. Зависимость скорости окисления сульфидов воздухом в турбулентном режиме

При турбулентном режиме скорость окисления сероводорода очень велика, и если бы в потоке можно было создать турбулентный режим, то все сульфиды были бы окислены на протяжении 15 м. По этим данным можно рассчитать мощность, необходимую для создания турбулентного режима и параметры аппаратуры.

Окисление сульфидов в воде происходит по уравнениям:



Содержание сульфидов в воде – 12 мг/л, что составляет 4 · 10⁻⁴ моль/л. Растворимость кислорода в воде, содержащей 1500 мг/л сульфатов, составляет 16 мг/л, или 5 · 10⁻⁴ моль/л. То есть, при проведении процесса под диффузионным контролем растворимого кислорода достаточно для полного окисления сульфидов. В турбулентном режиме полное окисление наступает за 50 секунд.

Рассчитаем возможные режимы проведения процесса.

Расход воды – 50 м³/час, труба диаметром 30 см, S = 0,07 м². Высота плотины 0,7 м. Скорость движения воды в потоке составит:

$$\omega = W/S = 50/0,07 \cdot 3600 = 0,19 \sim 0,2 \text{ м/с}$$

Эта скорость нормальная для движения жидкости самотеком. Рассчитаем возможность создания турбулентного режима:

$$Re = \omega \rho / \mu = \omega d / \nu = 0,2 \times 0,3 / 10^{-6} = 60 \text{ 000}$$

Значение числа Рейнольдса говорит о возможности создания турбулентного режима.

Необходимое время пребывания в трубе в условиях турбулентного режима составляет 50 секунд, при скорости потока 0,2 м/с необходимая длина трубы составит 10 м.

Рассчитаем скорость, создаваемую потоком, при постоянном давлении потока столбом жидкости высотой 0,7 м.

$$\omega = \phi \times (2gH)^{0,5} = 0,6 \times (2 \times 9,8 \times 0,7)^{0,5} = 2,2 \text{ м/с}$$

Из предположения, что 10 м труба будет установлена с наклоном 0,7/10, приблизительная скорость истечения составит 0,4 м/с, что выше, чем рассчитанная скорость движения жидкости в потоке.

Расчеты велись на закрытый трубопровод, а для окисления сульфидов необходим постоянный доступ воздуха, поэтому для создания турбулентного потока выбираем корыто из трубопровода, разрезанного по осевой линии. Его диаметр составит:

$$d = (0,07 \times 2 \times 4/3,14)^{0,5} = 0,45 \sim 0,5 \text{ м}$$

Расход воды – 300 м³/час, труба диаметром 30 см, S = 0,07 м². Высота плотины 0,7 м. Скорость движения воды в потоке составит:

$$\omega = W/S = 300/0,07 \times 3600 = 1,17 \sim 1,2 \text{ м/с}$$

Эта скорость ненормальная для движения жидкости самотеком, превышает максимально допустимое значение в 2,5 раза. Поэтому выбираем трубу диаметром 1 м. S = 0,78 м².

Скорость движения воды в потоке составит:

$$\omega = W/S = 300/0,78 \times 3600 = 0,1 \text{ м/с}$$

Рассчитаем возможность создания турбулентного режима:

$$Re = \omega d \rho / \mu = \omega d / \nu = 0,1 \times 0,1 / 10^{-6} = 10\,000$$

Значение числа Рейнольдса говорит о пограничном (между переходным и турбулентным) протекании процесса. Отсюда можно сделать вывод, что максимально значение диаметра трубы не должно превышать 1 м.

Необходимое время пребывания в трубе в условиях турбулентного режима составляет 50 секунд, при скорости потока 0,1 м/с необходимая длина трубы составит 50 м.

Рассчитаем скорость, создаваемую потоком, при постоянном давлении потока столбом жидкости высотой 0,7 м.

$$\omega = \phi \times (2gH)^{0,5} = 0,6 \times (2 \times 9,8 \times 0,7)^{0,5} = 2,2 \text{ м/с}$$

Из предположения, что 10 м труба будет установлена с наклоном 0,7/50, приблизительная скорость истечения составит 0,2 м/с, что выше, чем рассчитанная скорость движения жидкости в потоке.

H, м	W, м ³ /час	Re, режим	L, м	d, м
0,7	50	60 000, турбулентный	10	Минимальный 0,5
0,7	300	10 000, пограничный	50 (25)	Максимальный 1

Выводы

Проведены исследования по очистке природных и сточных вод от сульфидов. Разработана технологическая установка для удаления сульфидов. Оптимизированы условия удаления сульфидов из сточных вод.

Литература

1. Двинских С.А., Зуева Т.В. Экологические проблемы городских территорий // География и регион: материалы международной научно-практической конференции / Перм. ун-т. Пермь, 2002. – С. 17-23.
2. Аскользин А.П. Современные процессы очистки промышленных стоков / Экология и промышленность. – 1997. – № 5. – С. 32-34.
3. С.В. Яковлев, О.В. Демидов Современные решения по очистке природных и сточных вод / Экология и промышленность России. – 1999, № 12. – С. 12-15.