

Тогда изменение величины  $k_s = f(A)$  описывается зависимостями вида

$$k_s^{(1)} = 0,921 \cdot k_{ij} \cdot e^{-0,15 \frac{m}{m_{\text{max}} + m}} \cdot 100, A = 0,20; \quad (3)$$

$$k_s^{(2)} = 0,079 \cdot k_{ij} \cdot e^{-0,0196 \frac{m}{m_{\text{max}} + m}} \cdot 100, A = 20,100; \quad (4)$$

где  $k_{ij}$  – коэффициент фильтрации инертного фильтрующего заполнителя. Остальные обозначения аналогичны предыдущим.

Таким образом, полученные математические зависимости дают возможность рассчитывать ИАСФЗ с заданными фильтрационными, а также в дальнейшем и сорбционными функциональными характеристиками для разработки ДАС в комплексе инженерно-мелиоративных природоохранных мероприятий при утилизации отходов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Громаченко, С.Ю. Обґрунтування норми внесення меліоранту-сорбенту у комплексі інженерно-меліоративних заходів при утилізації відходів / С.Ю. Громаченко, Н.М. Корчик, А.М. Рокочинський // Вісник НУВГП. – Рівне, 2011. Вип. 2 (54). – С. 84-91.
2. Рокочинський, А.М. Обґрунтування необхідності розробки комплексу інженерно-меліоративних заходів для запобігання забруднення природних екосистем відходами / А.М. Рокочинський, С.Ю. Громаченко. – Гідромел. та гідротехн. буд. (34). – Рівне: НУВГП, 2009. – 372 с.
3. Кожушко, Л.Ф. Удосконалення дренажних систем / Л.Ф. Кожушко – Рівне: Видавництво РДТУ, 2001. – 279 с.
4. Кожушко, Л.Ф., Прогрессивные конструкции дренажных систем и технология их устройства / Л.Ф. Кожушко, С.В. Кравец, В.Н. Попроцкий – Ровно: Управление по печати, 1991. – 250 с.
5. Кожушко, Л.Ф. Обґрунтування оптимальних параметрів об'ємних дренажних фільтрів / Л.Ф. Кожушко, П.М. Скрипчук, А.В. Черенков // ВГУ. – 1996. – №4 – С. 4-7.

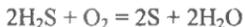
УДК 628.2:620.193

Дмухайло Е.И., Белов С.Г.

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

### ГАЗОВАЯ КОРРОЗИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ГОРОДСКОЙ ВОДООТВОДЯЩЕЙ СЕТИ

По данным [1], до 70% аварий на городских водоотводящих коллекторах происходит из-за газовой сульфатной коррозии. Основным агентом коррозии является сероводород  $H_2S$ . Он растворяется в воде, конденсирующейся на сводах трубопроводов, не омываемых сточными водами, и проникает в поры бетона. В конденсате, образовавшемся на стенках коллектора, происходит биохимическое окисление сероводорода кислородом воздуха:



Образовавшаяся сера далее в процессе биохимического окисления окисляется в серную кислоту:



Воздействие на бетон серной кислоты вызывает образование сульфата кальция и сульфата алюминия. Значительное расширение, вызываемое образованием этих соединений, приводит к растрескиванию и разрушению бетонных конструкций водоотводящих сетей.

Прогнозирование вероятности возникновения газовой сульфатной коррозии бетонных канализационных сетей производится по индексу Помероу[2]:

$$Z = \frac{3 \text{ БПК}_5 \cdot 1,07^{(T-20)} \cdot U}{J^{\frac{1}{2}} \cdot Q^{\frac{1}{2}} \cdot h^{\frac{1}{2}}}$$

где  $Z$  – индекс, характеризующий вероятностную скорость возникновения коррозии (табл. 1);  $\text{БПК}_5$  – биохимическая потребность сточных вод в кислороде, мг  $\text{O}_2/\text{л}$ ;  $T$  – температура сточных вод,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $J$  – уклон трубопровода;  $Q$  – расход сточных вод, л/с;  $U/b$  – отношение смоченного периметра трубопровода к ширине водного зеркала; для наполнения  $0,5D$  отношение  $U/b = \pi/2$ .

Таблица 1 – Вероятность возникновения и скорость коррозии в зависимости от величины индекса в уравнении Помероу

Индекс $Z$	Ожидаемые параметры
Менее 5000	Сульфиды могут быть в очень низких концентрациях.
5000-7500	Максимальная концентрация сульфидов может составить 0,1 мг/л. Легкая агрессивность, увеличение агрессивности при увеличении турбулентности потока. Скорость коррозии в пределах 0,1 мм/год.
7500-10000	Сульфиды в высоких концентрациях, появление запаха.
10000-15000	Количество сульфидов и запах увеличиваются. Быстро прогрессирующая коррозия. Скорость коррозии в пределах 1 мм/год.
Более 15000	Растворимые сульфиды присутствуют постоянно. Бетонные трубы небольших диаметров могут быть разрушены за 5-10 лет. Скорость коррозии 2 мм/год и более.

Следует подчеркнуть, что индекс  $Z$  только указывает на возможность сульфидной коррозии. Так как концентрация сульфидов зависит от продолжительности пребывания сточных вод в трубопроводе, то количество сульфидов, которое продуцируется в течение 1 ч в сточной воде, можно определить по формуле[2]:

$$\frac{d(S)}{dt} = 0,32 \cdot 10^{-3} \cdot \text{ЭБПК}_5 \cdot R^{-1} - 0,64 \cdot (J \cdot v)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{h}{d}\right)^{-1}_m$$

где  $d(S)/dt$  – скорость образования сульфидов за 1 ч, мг/л;  $R$  – гидравлический радиус ( $\omega/\chi$ ), м;  $v$  – средняя скорость течения сточных вод, м/с;  $h/d$  – наполнение трубопровода в точке, м;  $\text{ЭБПК}_5 = \text{БПК}_5 \cdot 1,07^{(T-20)}$  – эффективная  $\text{БПК}_5$ , мг  $\text{O}_2/\text{л}$ .

Через некоторое время за счет потери сульфидов из системы концентрация сульфидов в сточной воде стабилизируется [2]:

$$S_{\text{lim}} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3} \cdot \text{ЭБПК}_5 \cdot U}{(J \cdot v)^{\frac{1}{2}} \cdot b}, \quad \text{мг/л};$$

Концентрацию сульфидов в конце напорного трубопровода определяют по формуле[2]:

$$S = 0,01312 \cdot t \cdot \text{ЭБПК}_5 \cdot \left(\frac{12}{D} + 0,12\right) + S_0, \quad \text{мг/л};$$

где  $t$  – время движения сточной воды по трубопроводу, мин;  $D$  – диаметр трубопровода, см;  $S_0$  – концентрация сульфидов в сточной воде в начале напорного трубопровода, мг/л.

Некоторые авторы указывают на существование корреляции между ХПК городских стоков и концентрацией в них сероводорода [3]. Однако при этом не указано, каким методом определялось ХПК стоков – арбитражным или ускоренным, не приводятся и другие данные для подтверждения полученных результатов. Известно, что показатель ХПК определяет содержание как биологически окисляемых органических веществ, так и биологически стойких. Поэтому в мировой практике при расчете газовой сульфатной коррозии используется показатель БПК<sub>5</sub>.

На концентрацию сероводорода в газовой среде коллектора кроме показателя БПК<sub>5</sub> также влияет температура сточной воды, время транспортирования и гидравлические параметры потока сточных вод. Установлено, что повышение концентрации сероводорода чаще всего происходит в местах подключения к самотечной сети напорных трубопроводов, после дюкеров, в местах повышенной турбулентности потока (перепады, резкие изменения скоростей, слияние нескольких потоков и т.д.) [4].

Среднюю скорость коррозии (мм/год) ориентировочно можно рассчитать по уравнению, предложенному Померу [2]:

$$y = 11,5 \cdot k \cdot \left(\frac{1}{A}\right) \cdot X_p$$

где  $k$  – корректирующий коэффициент, зависящий от климатических условий: для умеренного (европейского) климата может быть принят равным 0,8;  $A$  – щелочность бетона, выраженная как эквивалент  $\text{CaCO}_3$ : для бетонных труб с кварцевым заполнителем в среднем составляет 16%, для асбестоцементных труб, у которых щелочность 50%, и труб с большей щелочностью формула неприменима;  $X_p = 0,7 \cdot (J \cdot v)^{3/8} \cdot i \cdot S \cdot (b/U)$  – степень превращения сульфидов в газовой фазе в серную кислоту на поверхности стенок трубопровода;  $i$  – коэффициент, зависящий от pH и показывающий, какая часть сероводорода переходит в растворимые сульфиды (табл. 2);  $S$  – общая концентрация растворимых сульфидов, мг/л.

Таблица 2 – Значения коэффициента  $i$  в зависимости от величины pH

pH	Часть H <sub>2</sub> S, %	$i$	pH	Часть H <sub>2</sub> S, %	$i$
6,0	91	0,91	7,4	28	0,28
6,6	72	0,72	7,6	20	0,2
6,8	61	0,61	7,8	14	0,14
7,0	50	0,50	8,0	9	0,09
7,2	39	0,39			

Повышение долговечности водоотводящих коллекторов может быть обеспечено:

- контролем за качеством сточных вод;
- использованием коррозионно-стойких конструкционных материалов;
- вентиляцией сети.

Для борьбы с газовой коррозией необходимо организовать контроль за газовым состоянием коллекторов водоотводящей сети. Для получения достоверных результатов количество замеров в каждой точке должно быть не менее 30. Если полученная среднearифметическая величина концентрации газа в исследуемой точке (колодце) всей серии замеров будет равна или больше его ПДК, то данная точка считается коррозионно-опасной. По результатам обработки данных составляют карту загазованности обследованной водоотводящей сети.

Одним из приемов, препятствующих окислению сероводорода в серную кислоту, является орошение свода трубопровода сточной водой при работе коллектора полным сечением в течение непродолжительного времени.

Для искусственной вентиляции следует предусматривать устройство дегазационных камер с вытяжными шахтами в местах подключения напорных трубопроводов к самотечным, в местах перехода самотечного режима в напорно-самотечный и в нижних камерах докеров. Устройство вытяжных устройств обязательно в верхних камерах докеров, перед насосными станциями, в местах резкого изменения скоростей и в перепадных колодцах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаповалов, В.Т. Количественная оценка технического состояния канализационных коллекторов / В.Т. Шаповалов [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 1985. – № 3. – С. 6–8.
2. Stien, D. Instandhaltung von Kanalisationen / D. Stien. – 3. Auflage. – Berlin: Verlag Ernst & Sohn, 1998. – 344 s.
3. Сац, С.М. Сероводород в канализации. Проблемы и решения / С.М. Сац, В.А. Бурко, С.Л. Володько // Вода – 2011. – № 11. – С. 11–12.
4. Мелехин А. Проблемы образования и обезвреживания сульфидов в городских сточных водах / А. Мелехин, С. Третьяков // Вода-магазин. – 2011. – № 5. – С. 38–39.

УДК: 577.4 (07)

Егембердиева Г.А., Смагулова Д.А.

Казахская головная архитектурно-строительная академия,  
г. Алматы, Республика Казахстан

#### ВРЕДНЫЕ ВЫБРОСЫ ТЭС И КОТЕЛЬНЫХ

In this article the currently existing methods for cleaning the flue gases from fly ash at TPPs and boiler plants were reviewed, and also were provided some specific types of flue gases at the existing TPSs in Almaty, and methods of cleaning applied hereto.

При проектировании новых и реконструкции действующих котельных установок должны быть предусмотрены мероприятия, обеспечивающие очистку дымовых газов от золы с тем, чтобы концентрация ее в приземном слое атмосферного воздуха не превышала заданной величины. Выбор типа золоуловителей производится в зависимости от требуемой степени очистки, возможных компоновочных решений, технико-экономического сравнения вариантов установки золоуловителей различных типов. Степень очистки дымовых газов от золы должна быть не менее 90%.

При повышении требования к очистке выбросов в атмосферу в качестве золоуловителей применяются: электрофильтры — со степенью очистки газов 96%; мокрые золоуловители типа скруббера с трубой Вентури — со степенью очистки газов до 97–98%. Применение мокрых золоуловителей не допускается, если общее содержание окиси кальция в летучей золе более 20%, а произведение  $A_{пр} (CaO_{св})$  меньше 6, из-за опасности образования карбонатных отложений в орошающих устройствах. Для топлив с  $CaO_{св}$  в летучей золе выше 20% применение мокрого золоулавливания исключается.

Газоходы перед и после золоуловителей, их компоновка должны обеспечивать равномерную раздачу дымовых газов по аппаратам при минимальном сопротивлении газового тракта и исключать отложения в них золы.

Сухие золоуловители при улавливании золы, склонной к схватыванию или налипанию на стенках, должны иметь теплоизоляцию, обеспечивающую температуру стенок бункеров не менее чем на 15 °С выше точки росы дымовых газов.