УДК 628.168.3

Г.В.Ушаков

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ БЕССТОЧНОГО ВОДООБОРОТНОГО ЦИКЛА С ОБРАБОТКОЙ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ ЦИНК-БИХРОМАТ-ФОСФАТНЫМ ИНГИБИТОРОМ

Крупнейшими потребителями воды из природных водных объектов и источниками сброса в них неочищенных сточных вод на предприятиях химической, энергетической и других отраслей промышленности являются оборотные системы водяного охлаждения (водооборотные циклы). Оборотная вода, выводимая из водооборотных циклов (ВОЦ), сбрасывается в ливневую канализацию предприятия через переливные трубы в чашах градирен (продувка ВОЦ) или через дренажные трубопроводы в технологических цехах (технологические потери) образуя условно-чистые сточные воды. В совокупности с ливневыми водами условно-чистые сточные воды формируют промышленно-ливневой сток. Расход этого стока часто достигает 80–85 % от расхода всех сточных вод на предприятии.

Существующее состояние природной среды и водных объектов в городах и на селе свидетельствует о том, что дальнейшее развитие хозяйства уже невозможно осуществлять на базе традиционных методов и схем, требует поиска новых путей и подходов на основе требований инженерной экологии. Иначе говоря, нужен принципиально новый подход к водоснабжению и всему водному хозяйству. Одним из основных методов при этом является метод безотходной технологии, отличающийся тем, что водные ресурсы могут быть использованы многократно, а водные объекты будут защищены в результате этого от поступления загрязненных сточных вод [1]. Основным направлением в решении данной проблемы является создание замкнутых систем водопользования, что является сложной задачей и требует стабилизационной обработки оборотной воды ингибиторами коррозии и солеотложений. Одним из таких ингибиторов является цинк-бихромат-фосфатный ингибитор [2].

Перевод (ВОЦ) химического предприятия на бессточный режим работы с применением данного ингибитора позволил решить две задачи в области охраны водного бассейна реки Томи [3]:

– исключить сброс в промливневую канализацию оборотной воды из ВОЦ и уменьшить, таким образом, суммарное количество промливневых сточных вод, сбрасываемых в реку Томь;

– уменьшить расход свежей речной воды на подпитку водооборотного цикла на подпитку ВОЦ.

Обработка оборотной воды ингибиторами делает актуальными вопросы экологической безопасности бессточных ВОЦ [4]. При этом под экологической безопасностью промышленного объекта понимается совокупность состояний, процессов и действий, обеспечивающая экологический баланс в окружающей среде и не приводящая к жизненно важным ущербам (или угрозам таких ущербов), наносимым природной среде и человеку [5].

Одним из критериев, определяющих экологическую безопасность ВОЦ, является предотвращенный экологический ущерб от его перевода на бессточный режим работы, равный:

$$У_{пр} = У_{пр}^{вод} - У^{ат},$$

где $У_{пр}^{вод}$ – предотвращенный ущерб гидросфере, достигнутый за счет прекращения сброса оборотной воды в природный водоем, руб/год; $У^{атм}$ – экологический ущерб, наносимый атмосфере, выбросом компонентов ингибитора из градирни с аэрозолем оборотной воды, руб/год.

Предотвращенный ущерб гидросфере равен ущербу гидросфере, наносимому ВОЦ при работе с продувкой, т.е. сбросом части оборотной воды в водный объект:

$$У_{пр}^{вод} = У_{баз}^{вод},$$

где $У_{пр}^{вод}$ – предотвращенный ущерб, руб/год; $У_{баз}^{вод}$ – ущерб при использовании базовой технологии (с продувкой ВОЦ и сбросом сточных вод в природный водоем), руб/год;

Ущерб от сброса в водоем загрязняющих веществ равен [6]:

$$У^{вод} = У_{уд}^{вод} M_{пр}^{вод} \sigma_к,$$

где $У_{уд}^{вод}$ — удельный ущерб от сброса в водоем одной условной тонны загрязняющего вещества (443,5 руб/усл.т); $M_{пр}^{вод}$ – приведенная масса годового выброса загрязнителей, усл.т/год. $\sigma_к$ – безразмерный показатель, учитывающий относительную опасность загрязнения различных водохозяйственных участков.

Приведенная масса годового выброса загрязнителей $M_{пр}^{вод}$ определяется по формуле:

$$M_{пр}^{вод} = \sum_{i=1}^{N} a_i^{вод} M_{ф.i}^{вод} \quad \text{усл.т/год},$$

где N – общее число загрязнителей, сбрасываемых источником; $M_{ф.i}^{вод}$ – фактическая масса годового

сброса загрязнителя i-го вида, т/год; $a_i^{вод}$ – показатель относительной опасности сброса i -го загрязнителя в водоемы, усл. т/т:

$$a_i^{вод} = 1 / ПДК_{pi},$$

где $ПДК_{pi}$ – предельно допустимая концентрация i -го вредного вещества в воде водоемов рыбохозяйственного назначения.

Предотвращенный ущерб гидросфере составляет $У_{пр}^{вод}$ = 199632,47 руб/год (табл. 1).

Экологический ущерб, возникающий в результате организации бессточного режима работы ВОЦ и обработки оборотной воды цинк-бихромат фосфатным ингибитором, серной кислотой и водным раствором гипохлорита натрия – это негативные изменения в состоянии природной среды, вызванные загрязнением природной среды, истощением природных ресурсов, разрушением или повреждением экологических систем, создающие угрозу для жизни и здоровья человека и существования его естественного и социального окружения.

Загрязнителями являются компоненты ингибитора – бихромат натрия, сульфат цинка, гексаметафосфат натрия, а также – гипохлорит натрия и соли серной кислоты, поступающие в атмосферу из охлаждающей градирни с капельным уносом оборотной воды.

Укрупненная оценка ущерба от загрязнения атмосферы производится по формуле [6]:

$$У^{атм} = У_{уд}^{атм} \sigma \sum_{i=1}^{m} f M_{пр.i}^{атм},$$

где $У_{уд}^{атм}$ – удельный ущерб от выброса в атмосферу условной тонны загрязняющих веществ; $У_{уд}^{атм}$ = 3,3 руб./усл.т (в ценах 1990 г.); σ – безразмерный коэффициент, учитывающий относительную опасность загрязнения атмосферного воздуха над территориями различных типов; f – безразмерная поправка, учитывающая характер рассеивания примеси; $M_{пр.i}^{атм}$ – приведенная масса годового выброса примеси i -го вида из источника, усл. т/год; m – общее число видов примесей в выбросе.

Значение безразмерного коэффициента σ находят по формуле:

$$\sigma = \frac{1}{S_{ЗАЗ}} \sum_{j=1}^{k} S_j \sigma_j,$$

где $S_{ЗАЗ}$ – общая площадь зоны активного загрязнения (ЗАЗ); k – общее число типов территорий, попавших в ЗАЗ; j – тип территории; S_j – площадь загрязненной территории j -го типа; σ_j – коэффициент относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха над территорией .

ВОЦ размещен на площадке промышленного предприятия. Высота охлаждающей градирни принята равной 20 м. Зона активного загрязнения такой градирни имеет форму кольца с внутренним диаметром загрязнения равным $R_{ЗАЗ}^{внутр} = 2\varphi H$ и внешним диаметром – $R_{ЗАЗ}^{внешн} = 20\,\varphi H$.

Здесь φ безразмерная поправка, учитывающая тепловой подъем факела в атмосфере:

$$\varphi = 1 + \Delta T / 75 = 1 + 15 / 75 = 1{,}2,$$

где ΔT – среднегодовая разность температур в устье градирни и охлаждающей атмосфере, °С.

Площадь активного загрязнения:

$$S_{ЗАЗ} = \pi \left[\left(R_{ЗАЗ}^{внешн} \right)^2 - \left(R_{ЗАЗ}^{внутр} \right)^2 \right] =$$

$$= 3{,}14 \left[(20 \cdot 1{,}2 \cdot 20)^2 - (2 \cdot 1{,}2 \cdot 20)^2 \right] =$$

$$= 22{,}810 \cdot 10^4 \text{ (м}^2\text{)} = 22{,}810 \text{ га}$$

Площадь активного загрязнения не превышает площади промышленного предприятия. Поэтому количество территорий в уравнении безразмерного коэффициента σ равно j=1 , значение $S_j = S_{ЗАЗ}$, а коэффициент относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха над территорией промышленного предприятия $\sigma = 4$.

Величина поправки f составляет для газообразных и мелкодисперсных примесей со скоростью оседания 1 см/с $\le U \le$ 20 см/с:

$$f = \left(\frac{1000}{60 + \varphi H} \right)^{1/2} \cdot \frac{4}{1 + U} = 3{,}45$$

Таблица 1 . Предотвращенный ущерб гидросфере

Наименование загрязнителя	Единицы измерения	$ПДК_{p.i}$	$M_{ф.i}^{вод}$ т/год	$M_{пр.i}^{вод}$, усл.т/год	Предотвращенный ущерб гидросфере, руб/год
БПК полн.	мгO_2/дм^3	3,0	17,52	5,84	2590,04
азот аммония	мг/дм^3	0,05	13,14	262,8	116551,80
нитриты	мг/дм^3	0,08	13,14	164,25	72844,75
нитраты	мг/дм^3	40,0	262,80	6,57	2913,79
сульфаты	мг/дм^3	100,0	87,60	0,867	384,51
хлориды	мг/дм^3	300,0	384,30	1,28	444,78
нефтепродукты	мг/дм^3	0,05	0,44	8,80	3902,8
Всего	руб/год				199632,47

Таблица 2.Показатели относительной опасности a_i и поправок $\alpha_i, \beta_i, \lambda_i, \delta_i$ для загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу в результате ингибирования и реагентной обработки оборотной воды

Загрязнитель	a_i, усл. т/т	α_i	β_i	λ_i	δ_i
Cr^{6+}	2000,00	5	1	2	1
Zn^{2+}	86,60	3	1	2	1
$NaPO_3$	7,74	1	1	1	1
Na_2SO_4	7,74	1	1	1	1
NaCl	10,95	1	1	1	1

где U– среднегодовое значение скорости ветра на уровне флюгера; если скорость ветра неизвестна, то принимается U=3 м/с; H – высота источника выбросов (охлаждающей градирни), м.

Приведенная масса годового выброса примеси

$$M_{пр.i}^{атм} = A_i M_i^{атм},$$

где $M_i^{атм}$ – масса годового выброса, т; A_i– показатель относительной агрессивности загрязняющего вещества, усл. т/т:

$$A_i = a_i \alpha_i \delta_i \lambda_i \beta_i,$$

где a_i – показатель относительной опасности присутствия примеси в воздухе, вдыхаемом человеком; α_i – поправка, учитывающая накопление примеси и образование вторичных загрязнителей (α_i = 1÷5); δ_i – поправка для учита воздействие примеси на другие реципиенты, кроме населения (δ_i = 1 ÷ 2; λ_i – поправка на учет вторичного попадания загрязнителя в атмосферу (для пыли λ_i = 1,2); β_i – поправка учета возможности образования более токсичных загрязнителей (β_i = 1 ÷ 5). Поправка a_i вычисляется как:

$$a_i = \left(\frac{60}{ПДК_{с.с.i} \cdot ПДК_{р.з.i}} \right)^{1/2},$$

где $ПДК_{с.с.i}$ – среднесуточная предельно-допустимая концентрация i -го вещества в воздухе населенных пунктов; $ПДК_{р.з.i}$ – предельно-допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества в воздухе рабочей зоны, мг/дм^3.

Таблица 3. Экологический ущерб атмосферному воздуху ВОЦ, работающем в бессточном режиме с обработкой оборотной воды цинк-бихромат-фосфатным ингибитором

Загрязнитель	$M_i^{атм}$, т/год	A_i, усл.т/т	$M_{пр.i}^{атм}$ усл.т/год	$У^{атм}$ руб/год
Cr^{6+}	0,119	2000,00	2380,00	108385,20
Zn^{2+}	0,455	519,6	263,42	11996,15
$NaPO_3$	0,730	7,74	5,65	257,3
Na_2SO_4	33,330	7,74	257,97	11747,95
NaCl	5,890	10,95	64,49	2936,87
Всего				135323,47

Значения $ПДК$ и поправок см. в табл. 2, а экологический ущерб, наносимый атмосфере выбросами компонентов ингибитора из градирни, – в табл. 3. Он составляет 135 тыс. руб/год.

Предотвращенный экологический ущерб окружающей среде, достигнутый в результате перевода ВОЦ на бессточный режим работы, равен

$$У_{пр} = У_{пр}^{вод} - У^{ат} = 199632,47 - 135323,47 = 64309 \text{ руб.}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Яковлев С.В., Нечаев А.А.* Инженерно-экологические проблемы водоснабжения России на пороге XXШ века. // Инженерная экология. – 1996, № 2. – С. 119–132.

2. *Орехов А.И., Вагаутдинова О.Г., Князев Б.И.* Предотвращение карбонатных отложений в КХО при беспродувочной работе систем оборотного водоснабжения. – Эксплуатация, модернизация и ремонт оборудования в нефтехимической и нефтеперерабат.. промышленности. Научн. техн. реф. сб. / ЦНИИТЭнефтехим, 1975. – № 4. – С. 17–20.

3. *Ушаков Г.В., Солодов Г.А.* Результаты эксплуатационных испытаний работы водооборотного цикла промышленного предприятия в беспродувочном режиме с применением цинк-бихромат-фосфатного ингибитора коррозии и отложений солей жесткости. // Известия Томск. политехн. ун-та. – 2007, №2. – С. 144–148.

4. *Басова Г.Г., Ушаков А.Г., Елистратов А.В., Ушаков Г.В.* Санитарно-гигиенические и технологические аспекты экологической безопасности систем технического водоснабжения. // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2009, № 4. – С. 63–66.

5. Временные рекомендации по оценке экологической опасности производственных объектов (утв. Госкомэкологии РФ 15 марта 2000 г.).

6. *Фридланд С.В., Ряписова Л.В., Стрельцова Н.Р., Зиятдинов Р.Н.* Промышленная экология. Основы инженерных расчетов. – М.: КолосС, 2008. – 176 с.

Автор статьи:

Ушаков
Геннадий Викторович
- канд. техн. наук, доц. каф. химической технологии твердого топлива и экологии КузГТУ
e-mail ekosys@kuzbass.net