

## **БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ВЫСОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

**Неволина И.В., Рязанцева Н.А.**

АО «Восточный научно-исследовательский углехимический институт»,  
г. Екатеринбург, Россия

**Сабирова Т.М.**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный государственный университет им. первого Президента  
России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия  
e-mail: ilonanewolina@mail.ru

**Ключевые слова:** предприятия металлургического комплекса, сточные воды доменной газоочистки (СВ ДГО), коксохимическое производство (КХП), сточные воды, биохимическая установка (БХУ), биохимическая очистка.

*Сточные воды металлургического комплекса – одни из самых токсичных сточных вод. Глубокая очистка таких вод – приоритетная задача, направленная на решение экологической проблемы загрязнения водоемов, в частности их заболачивания. Очистка сточных вод КХП – в основном, решенная проблема. Очистка дебалансных вод доменного производства может быть решена биологической очисткой совместно со сточными водами КХП.*

## **BIOLOGICAL TREATMENT OF HIGHLY CONCENTRATED INDUSTRIAL WASTEWATER**

**Nevolina I. V., Ryazantseva N.A.**

АО «VUHIN», Ekaterinburg,

**T. M. Sabirova**

First President of Russia B.N. Yeltsin Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia e-mail:  
ilonanewolina@mail.ru

**Keywords:** metallurgical enterprises, wastewater of gas cleaning blast furnace, coke-chemical plant (CCP), wastewater, acclimatization, biochemical plant (BCP), biochemical treatment.

*Wastewater from the metallurgical complex is one of the most toxic wastewater. Deep purification of such waters is a priority task aimed at solving the environmental problem of pollution of water bodies, in particular, their swamping. Wastewater treatment of coke-chemical plant is basically a solved problem. The treatment of unbalanced waters of blast-furnace production can be solved by biological treatment together with wastewater from the coking plant.*

На предприятиях металлургического комплекса, начиная с подготовки сырья для черной металлургии – производства кокса, и, заканчивая прокатным производством, образуются сточные воды. Наиболее токсичными и концентрированными по содержанию загрязнителей являются сточные воды коксохимического (КХП) и доменного производств (ДП).

В зависимости от местных условий и от разрешающей природоохранной документации, возможны следующие варианты очистки сточных вод:

1. Предварительная очистка на локальных очистных сооружениях (ЛОС) с последующим сбросом в центральную систему водоотведения избытка и далее для очистки на городские очистные сооружения;

2. Полный комплекс очистных сооружений и сброс очищенной воды непосредственно в водный объект или на городские очистные сооружения.

С точки зрения выполнения, оба подхода могут быть реализованы, но, с точки зрения технологии очистки и стоимости сооружений, для реализации данных способов наблюдается существенная разница.

В настоящее время актуальной экологической проблемой промышленных предприятий является решение вопросов организации и совершенствования технологии бессточного производства. Этому направлению уделяется много внимания, тем более что оно затрагивает и экономическую деятельность предприятий, так как платежи за сброс сточных вод и потребление свежей воды достаточно высоки. Причиной тому является следующее: в первом случае при глубокой очистке стоков до нормативных требований к сбросу в водоемы используются возможности городских очистных сооружений, во втором случае – вся необходимая для глубокой очистки и доочистки технология должна реализовываться на площадке локальных очистных сооружений предприятия.

Проблема глубокой очистки сточных вод КХП решена на многих металлургических предприятиях, имеющих в составе КХП и отдельных коксохимических заводах. Сточная вода КХП очищается биологическим способом от фенолов, роданидов, цианидов и соединений азота до уровня сброса на ГОС.

В доменном производстве металлургических предприятий выделяют два цикла: оборотный цикл условно чистой воды и оборотный цикл осветленной воды. Оборотный цикл условно чистой воды предназначен на периодическую промывку холодильников доменных печей. Расход воды доменного производства находится в пределах 16–20 % в общезаводском балансе. Бесперебойная подача воды доменному производству обеспечивается всеми доступными средствами.

**Водоснабжение доменной печи.** В типовых доменных печах с полезным объемом от 1000 до 2000 м<sup>3</sup> применяется однотипная схема водоснабжения. Отработанная вода после охлаждения доменной печи, шиберов горячего дутья и дымовых клапанов не имеет загрязнений и может быть возвращена в оборотный цикл. Вода, поступающая на увлажнение шихты и поливку двора, теряется безвозвратно.

У доменной печи объемом 5000 м<sup>3</sup> схема водоснабжения существенно отличается от схемы водоснабжения доменных печей, имеющих меньший объем. Наиболее важные особенности водоснабжения печей объемом 5000 м<sup>3</sup> следующие:

- 1) применение испарительного охлаждения не только для воздухонагревателей, но и для всей охладительной системы печи, за исключением фурменной зоны;
- 2) осуществление грануляции шлака в непосредственной близости от доменной печи;
- 3) использование умягченной воды для охлаждения фурменной зоны с обособленным оборотным циклом, и охлаждением воды в теплообменниках.

**Схемы водоснабжения доменного цеха.** Отработанная вода доменных печей считается условно чистой, благодаря чему водоснабжение доменного цеха осуществляется по оборотной схеме.

**Доменная газоочистка.** Водное хозяйство газоочистки осуществляется по замкнутому оборотному циклу, так как по условиям охраны водоемов сброс в них отработанной воды запрещается. Основная причина такого решения заключается в том, что помимо большого содержания механических примесей (мелкие фракции шихты, вынесенные из доменной печи и не осевшие в первичных сухих пылеуловителях) в сточной воде газоочистки содержатся цианистые и роданистые соединения, соли аммония, высокие концентрации тяжелых металлов.

**Характеристика сточных вод газоочистки.** Качественный и количественный состав сточных вод газоочисток представлен в табл. 1. Наблюдаемое колебание состава отработанных вод определяется пылеватостью шихты, удельным расходом воды, конструкцией газоочистки и режимом работы печи. В среднем содержание взвешенных веществ в оборотной воде ДГО колеблется от 2000 до 3700 мг/дм<sup>3</sup>, солесодержание от 1000 до 1600 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание прочих загрязняющих веществ, растворенных в отработанной воде, также колеблется. Температура отработанной воды также не постоянная и зависит от

удельного расхода воды, температуры подаваемой воды и типа газоочистки. Усредненная температура воды 45–50 °С. Средний перепад температуры воды в системе газоочистки 20 – 25 °С.

**Табл. 1.** Качество сточных вод КХП, поступающих на биохимическую очистку, и оборотных сточных вод ДГО

Определяемые параметры	Единица измерения	Содержание загрязнителей		
		КХП*	ДГО	
		Среднее	Минимум	Максимум
рН	Ед. рН	7,8 (9,0)	7,6	8,4
Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	-	19,6	52,4
Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	40***	1,06	0,23
Фенол	мг/дм <sup>3</sup>	300-750	0	60,2
Роданиды	мг/дм <sup>3</sup>	200-450	7,44	230,2(445**)
Цианиды	мг/дм <sup>3</sup>	30-35	0,017	10,2
Азот аммонийный	мг/дм <sup>3</sup>	100****	28,32	50,09
Азот нитритный	мг/дм <sup>3</sup>	Отс.	0,093	0,194
Азот нитратный	мг/дм <sup>3</sup>	Отс.	0,23	2,02
Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	150-330	46,61	110,3(1517**)
Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	-	649,8	691,7(3300**)
Сероводород	мг/дм <sup>3</sup>	15-45	0,1	0,85(2,5**)
Железо	мг/дм <sup>3</sup>	-	0,99	1,49
Медь	мг/дм <sup>3</sup>	-	0,0126	0,023
Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	-	6,38	8,83
Марганец	мг/дм <sup>3</sup>	-	0,25	0,72
Хром 6+	мг/дм <sup>3</sup>	-	0,036	0,5
Алюминий	мг/дм <sup>3</sup>	-	0,034	0,2
Никель	мг/дм <sup>3</sup>	-	0,016	0,0341
Кобальт	мг/дм <sup>3</sup>	-	0,0048	0,0066
Фосфат	мг/дм <sup>3</sup>	-	не опр.	0,06(1,6**)
ХПК	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	2000-3000	300	800
Формальдегид	мг/дм <sup>3</sup>	-	не опр.	не опр.(2,8**)
СПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	-	0,055	0,061
Щелочность	мг- экв/дм <sup>3</sup>	-	3,2	14,9(4370**)
Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	800-1500	723	1181(14000**)

\* усредненное значение концентраций сточных вод КХП, поступающих на БХУ;

\*\* в зависимости от технологии улавливания и водного баланса доменной газоочистки печи;

\*\*\* масла коксохимические;

\*\*\*\* азот аммония летучий, рекомендовано содержание в поступающей сточной воде при разложении связанного аммиака в аммиачных колоннах.

Как видим, сточные воды грязного цикла ДГО по своему составу схожи со сточными водами КХП, то есть имеют схожие загрязнители такие, как роданиды, цианиды, некоторые органические вещества (фенолы, формальдегиды и пр.). Но у сточных вод ДГО имеются существенные отличия, которые заключаются в содержании металлов, растворенной

углекислоты и солесодержания, которое обусловлено образованием растворимых гидрокарбонатов.

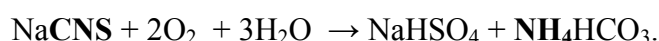
Сброс сточной воды ДГО такого качества, без предварительной очистки, за пределы предприятия категорически запрещен. Поэтому предприятия, имея оборотную систему водоснабжения, сбрасывают такие воды в золошламонакопители, заполненные за долгие годы эксплуатации и имеющие дебаланс, который вынуждены сбрасывать на городские очистные сооружения (ГОС) для очистки или сбрасывать через систему прудов без очистки напрямую в водоемы, что по современным требованиям недопустимо без предварительной очистки.

По нашему мнению, биологическая очистка является единственным способом, обеспечивающим полноту удаления роданидов и аммиака из оборотной воды ДГО. Однако из-за высокого солесодержания и щелочности оборотной воды ДГО требуется их предварительное снижение перед биологической очисткой.

Сотрудниками лаборатории очистки сточных вод и утилизации отходов АО «ВУХИН» были проведены эксперименты по адаптации роданид-разрушающей культуры к продувочной воде ДГО металлургического предприятия, не имеющего в своем составе КХП и БХУ, соответственно. Сточные воды ДГО металлургического предприятия, которые были предоставлены для проведения экспериментов, имели следующие показатели качества, мг/дм<sup>3</sup>: солесодержание 18200 ± 910, сульфаты 2780±278, роданиды 300±39, ХПК 510±76 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. рН такой воды составлял 9,37±0,6. Сточную воду с таким солесодержанием и высоким рН биологически чистить не представляется возможным.

Тем не менее, оказалось возможным реализовать комплексную технологию очистки продувочных оборотных вод доменной газоочистки (ДГО). Для этого необходимо было изначально перед биологической очисткой провести частичное обессоливание сточной воды, которое можно реализовать за счет удаления кальция ионным обменом для снижения очень высокой (4400 мг/дм<sup>3</sup> в расчете на NaOH) избыточной щелочности оборотных вод, либо нейтрализации щелочности кислотой, что было проделано в условиях лаборатории. В результате подкисления углекислота выделялась из всего объема сточной воды.

Ввиду высокой остаточной щелочности и солесодержания для воды такого качества было проведено предварительное разбавление в 1,5–2 раза технической водой (возможно разбавление биохимочищенной сточной водой КХП, если в составе меткомбината имеется БХУ КХП) и последующая биологическая очистка от основных загрязнителей – роданида и аммонийного азота, последний образуется в процессе биологической деструкции роданида:



В результате серии проведенных экспериментов с кратностью разбавления и способами нейтрализации и обессоливания, для сточных вод ДГО были отработаны условия очистки и получена накопительная культура бактерий, стабильно и с высокой эффективностью окисляющая роданиды и аммиак до остаточного содержания роданидов 0–0,2 мг/дм<sup>3</sup> с исходного содержания 600 мг/дм<sup>3</sup>.

В связи с очень высоким солесодержанием целесообразно планировать для очистки небольшой объем (10–15 м<sup>3</sup>/ч) очищенных продувочных вод ДГО, чтобы их сброс представлялся возможным только на ГОС совместно с хозяйственным стоком завода, чтобы уложиться в параметры НДС хозяйственного стока.

С учетом большого опыта АО «ВУХИН» в части биологической очистки сточных вод, в том числе от роданидов и цианидов, типичных загрязнителей сточных вод КХП, возможно решить проблему, касающуюся высоконцентрированных по солям продувочных вод ДГО, имеющих схожие загрязнители со сточными водами КХП путем строительства и пуска сооружений биологической очистки с предварительной их нейтрализацией либо частичным обессоливанием и разбавлением в 1,5–2 раза. Как вариант решения проблемы утилизации и очистки таких сточных вод – совместная биохимическая очистка со сточными водами КХП и последующая их утилизация путем передачи на ГОС или на нужды производства.