

П.Н. Четвериков<sup>(1)</sup>, начальник отдела  
Е.А. Кавун<sup>(1)</sup>, инженер I-ой категории  
Л.С. Сластенова<sup>(2)</sup>, заместитель директора  
В.Д. Овсяник<sup>(3)</sup>, доцент, к.х.н.  
Н.Ю. Рыжкова<sup>(3)</sup>, студент

## О ПРИМЕНЕНИИ ФЛОКУЛЯНТОВ ПРИ ОСВЕТЛЕНИИ НЕЙТРАЛИЗОВАННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

<sup>(1)</sup>ООО Научно-производственное предприятие «Днепроэнергосталь»,

<sup>(2)</sup>ООО«Техэнергохим»,

<sup>(3)</sup>Запорожская государственная инженерная академия

Розглянуто питання підвищення ефективності освітлення нейтралізованих промивних вод за умов ВАТ «Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь». Показано, що використання під час освітлення стоків аніоноактивного флокулянту при одночасному вирівнюванні гідравлічного навантаження на споруди відстою дозволяють забезпечити високу ефективність їх роботи.

Рассмотрен вопрос повышения эффективности осветления нейтрализованных промывных вод применительно к условиям ОАО «Электрометаллургический завод «Днепропецсталь». Показано, что использование в процессе осветления стоков анионоактивного флокулянта при одновременном выравнивании гидравлической нагрузки на сооружения отстоя позволяют обеспечить высокую эффективность их работы.

*Введение.* Черная металлургия является основной отраслью промышленности Украины, и анализ ее проблем в части экологии и возможных методов решения может дать реальную оценку общему состоянию экологических проблем в отрасли и перспективам их решения.

Возрастание производственного потенциала отрасли неизбежно приводит к вовлечению в производство всех необходимых сырьевых ресурсов, в том числе и воды, которая, как средство теплообмена и транспорта, используется практически во всех производствах получения и обработки металлов. В результате многоцелевого использования отработавшая в производстве вода изменяет свои первоначальные свойства, загрязняясь различными химическими веществами и образуя при этом производственные сточные воды.

Общий объем и удельное количество образующихся производственных сточных вод находятся в обратной зависимости от состояния водохозяйственной системы предприятия, уровня эксплуатации существующих водоочистных сооружений и оборотных систем, а также экономической целесообразности их повторного использования. Очистка и повторное использование отработавших вод в системах оборотного водоснабжения существенно снижают их негативное воздействие на водоемы.

Основным направлением рационального развития и эксплуатации водного хозяйства предприятий черной металлургии и защиты водоемов от загрязнений является дальнейшее широкое внедрение водооборотных циклов с последующим созданием бессточных систем водоснабжения, как отдельных производств, так и предприятий в целом. Реализация же оборотного водоснабжения предприятий практически решает техническую и экологическую проблемы водопользования вследствие значи-

тельного сокращения объемов потребления свежей технической воды из внешних источников, прекращения сброса стоков в водоемы или сведения их к обоснованному минимуму [1,2].

*Постановка задачи.* Основной целью проведенных исследований является оценка возможности повышения эффективности осветления нейтрализованных стоков для повторного использования их в системах оборотного водоснабжения применительно к условиям ОАО «Электрометаллургический завод «Днепроспецсталь».

*Основная часть исследований.* В травильных отделениях прокатного, термического и калибровочного цехов ОАО «Электрометаллургический завод «Днепроспецсталь» применяют серноокислотное травление металла. Отработанные травильные растворы после разбавления водой нейтрализуют (в 3...5 раз) и утилизируют.

После кислотного травления металлоизделия тщательно промывают водой для удаления с их поверхности остатков кислоты и продуктов травления, которые могут стать причиной точечной коррозии металла. В результате промывки изделий образуются кислые промывные воды, состав которых зависит от типа травильного раствора, технологии промывки и качества исходной воды.

Кислые промывные воды образуются при промывке металла в травильных отделениях прокатного (55 м<sup>3</sup>/ч), термического (15 м<sup>3</sup>/ч) и калибровочного (15 м<sup>3</sup>/ч) цехов рассматриваемого предприятия. Последующую обработку кислых стоков осуществляют на заводской станции нейтрализации.

Промывные воды после травильных отделений по трубопроводам направляют на станцию нейтрализации и поступают в два усреднителя, обеспечивающие выравнивание гидравлической нагрузки на сооружения водоочистки, а за счет перемешивания сжатым воздухом – дополнительное усреднение стоков по химическому составу.

Из усреднителей стоки подают в ершовый смеситель, в котором и производится их нейтрализация 5%-ным известковым молоком. Далее промывные воды самотеком поступают в две параллельно работающие реакционные камеры, оборудованные подводом сжатого воздуха для перемешивания и интенсификации процесса нейтрализации стоков. После реакционных камер нейтрализованные стоки самотеком направляются в четыре параллельных вертикальных отстойника для осветления. Осветленные стоки отводятся в промканализацию и далее в шламонакопитель ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь». В дальнейшем осветленные стоки могут быть направлены в оборотный цикл водоснабжения завода.

*Эффективность осветления нейтрализованных стоков (без ввода флокулянта).* В 2007 и 2008 г.г. сотрудниками ООО НПП «Днепроэнергосталь» и ООО «Техэнергохим» на ОАО «Электрометаллургический завод «Днепроспецсталь» были проведены лабораторные и полупромышленные испытания, конечной целью которых являлось повышение эффективности осветления нейтрализованных промывных сточных вод.

Результаты лабораторных исследований показали, что по химическому составу кислые промывные воды прокатного, термического и калибровочного цехов завода существенно различаются. Однако для смеси всех сточных вод, поступающих на станцию нейтрализации, контролируемые параметры химического состава усредняются, а их значения становятся более определенными (табл. 1).

**Таблица 1** – Химический состав кислых промывных вод прокатного (1), термического (2) и калибровочного цехов (3)  
ОАО «Электрометаллургический завод «Днепроцесталь»

Наименование показателей	Единица измерения	Кислые промывные воды травильных отделений:				Объединенные стоки, поступающие на станцию нейтрализации
		1		2	3	
		отделение № 1	отделение № 2			
Водородный показатель	рН	2,20...1,98	2,25	1,02	2,47	2,02
Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	264,20...268,20	248,40	126,00	189,60	222,38
Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	2286,00...1142,00	2016,00	4320,60	4120,00	2696,28
Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	2179,30...1017,23	1902,78	4166,03	4017,89	2576,91
Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,11...0,10	0,10	0,10	0,12	0,10
Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	387,11...580,272	515,88	496,57	354,92	473,65
Нитраты	мг/дм <sup>3</sup>	5,88...8,99	2,06	4,80	3,45	4,83
Фториды	мг/дм <sup>3</sup>	1,30...0,10	0,90	0,01	1,00	0,63
Магний	мг/дм <sup>3</sup>	34,05...35,26	20,67	5,26	24,32	28,41

На первом этапе полупромышленных испытаний оценивали эффективность работы вертикальных отстойников (по факту отстойника № 1) в рабочем режиме, без ввода в нейтрализованные стоки какого-либо флокулянта, создающего оптимальные условия для процесса осветления стоков и обеспечивающего повышение производительности сооружений отстоя. С этой целью набирали статистические данные по качеству сточных вод, поступающих в отстойник № 1 и выводимых из него: в отобранных пробах анализировали концентрацию взвешенных веществ и общего железа, определяли минерализацию и рН жидкой среды. Результаты выполненных анализов усредняли и сводили в табл. 2.

**Таблица 2** – *Качество нейтрализованных сточных вод (до и после осветления)*

Наименование показателя	Единица измерения	Качество сточных вод:		Проектные показатели	Примечание
		до осветления	после осветления		
рН среды	-	12,59	11,90	6,5...8,5	выше нормы
минерализация	мг/дм <sup>3</sup>	1580,00	1790,50	1600	выше нормы
железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	>30,00	6,80	5,00	выше нормы
взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	1291,00	107,15	150,00	ниже нормы

Данные, представленные в табл. 2, свидетельствуют о недостаточной эффективности процесса осветления стоков и обуславливают необходимость поиска способов снижения содержания общего железа, минерализации и рН стоков на выходе их из отстойников.

В ходе испытаний рабочую эффективность вертикального отстойника № 1 по взвешенным веществам изменяли в широком диапазоне (58,8...91,7%), что можно объяснить неравномерностью подачи сточных вод в отстойники и, соответственно, изменением во времени расхода подаваемых стоков.

Изучали возможность повышения эффективности работы отстойников без ввода в стоки флокулянта за счет выравнивания гидравлической нагрузки на сооружения отстоя. При помощи запорной арматуры устанавливали требуемый режим подачи сточных вод в отстойники. Выравнивание гидравлической нагрузки на сооружения отстоя позволяет повысить эффективность их работы примерно на 6% даже без ввода флокулянта (табл. 3).

**Таблица 3** – *Эффективность осветления стоков (без ввода флокулянта)*

Дата проведения испытаний	рН среды	Содержание взвешенных веществ, мг/дм <sup>3</sup> :		Эффективность осветления, %
		до осветления	после осветления	
Без выравнивания гидравлической нагрузки				
02.07.08	12,05	1299,72	236,55	81,80
04.07.08	11,80	1586,61	177,70	88,80
07.07.08	11,70	1041,88	121,90	88,30
С выравниванием гидравлической нагрузки				
14.07.08	10,50	1267,24	73,50	94,20

*Эффективность осветления нейтрализованных стоков (с вводом флокулянта).* Нейтрализацию кислых стоков осуществляли 5%-ным раствором гидроксида кальция (известковым молоком) и производили с целью сдвига рН среды в сторону щелочных

значений для образования труднорастворимых соединений металлов. Образующаяся при этом мелкодисперсная взвесь (преимущественно гидроксиды, карбонаты и сульфаты металлов) подавали на сооружения отстоя для осветления. Осаждение взвеси в вертикальных отстойниках можно значительно ускорить, добавляя флокулянты – вещества с коагуляционным и флокуляционным действием.

В лабораторных условиях сотрудниками ООО «Техэнергохим» проведена работа по подбору эффективного флокулянта для обработки нейтрализованных стоков. Исследование флокуляционных свойств ряда синтетических флокулянтов позволило принять к полупромышленным испытаниям на станции нейтрализации анионноактивный флокулянт торговой марки «PuroFlock». Доза ввода флокулянта в лабораторных условиях составляла 3,6 г 0,01%-ного раствора реагента на литр обрабатываемых сточных вод.

На втором этапе полупромышленных испытаний с целью достижения максимально возможной эффективности осветления стоков в отстойниках проверяли флокулянт «PuroFlock», являющийся анионным полиакриламидом с высокой молярной массой и средней плотностью заряда. Флокулянт эффективно работает в достаточно широком диапазоне рН среды и применяется в горно-обогатительной, железорудной и металлургической промышленности при добыче и переработке минерального сырья с целью обогащения и кондиционирования.

Использование флокулянта не требует жестких условий по температуре исходной воды, поскольку он способен работать и при относительно невысоких температурах. Возможно снижение температуры обрабатываемой воды до 25 °С и, как следствие, снижение расхода пара на подогрев стоков.

Концентрация рабочего раствора флокулянта невысока и, как правило, составляет 0,01...0,05%, что упрощает процесс растворения реагента, снижает вязкость рабочего раствора и улучшает его потребительские свойства.

Необходимая доза флокулянта и получаемый от его ввода эффект определяли экспериментально в ходе лабораторных исследований и уточняли в процессе полупромышленных испытаний на станции нейтрализации, поскольку они зависят от физико-химических свойств обрабатываемой воды и от места ввода флокулянта в систему водоочистки.

С учетом результатов испытаний можно утверждать, что наиболее эффективен ввод флокулянта в линию подачи нейтрализованных сточных вод из реакционных камер в отстойники, в которых за время совместного прохождения и происходит полное взаимодействие сточных вод и флокулянта.

Эффективность работы вертикальных отстойников в условиях ввода в нейтрализованные стоки анионноактивного флокулянта повысилась. Результаты полупромышленных испытаний представлены в табл. 4.

**Таблица 4 – Эффективность осветления стоков (с вводом флокулянта)**

Дата проведения испытаний	рН среды	Доза флокулянта, г/м <sup>3</sup>	Содержание взвешенных веществ, мг/дм <sup>3</sup>		Эффективность осветления, %
			до обработки флокулянтом	после обработки флокулянтом	
07.07.08	12,03	0,36	1959	61,90	96,84
08.07.08	12,07	0,36	1287	36,04	97,20
10.07.08	12,05	0,30	780	29,64	96,20
11.07.08	11,97	0,30	502	25,10	95,00
14.07.08	11,80	0,20	1310	17,03	98,70
15.07.08	10,66	0,20	1856	25,98	98,60

Как видно из табл. 4, оптимальной дозой ввода флокулянта является доза 0,2 г сухого вещества на 1 м<sup>3</sup> обрабатываемых сточных вод. Эффективность работы вертикальных отстойников при этом увеличивается более чем на 12% по сравнению с эффективностью их на начало эксперимента и на 4,5% – по сравнению с эффективностью отстойников в условиях оптимального режима подачи сточных вод. Повышение дозы выше указанного значения нецелесообразно, поскольку это не оказывает сколько-нибудь заметного влияния на эффективность процесса отстоя, а только приводит к увеличению финансовых затрат предприятия на водоочистку.

Флокулянт «*PuroFlock*», кроме высокой эффективности осветления стоков, обеспечивает также снижение и стабилизацию концентрации общего железа на выходе из отстойников. Последняя на окончание испытаний составила 1,5 мг/дм<sup>3</sup>, что почти на 78% ниже концентрации общего железа без ввода флокулянта (средний показатель 6,8 мг/дм<sup>3</sup>).

С целью снижения затрат предприятия на проведение нейтрализации стоков в ходе полупромышленных испытаний проверяли возможность снижения рН среды нейтрализованных стоков. Работы по снижению рН стоков показали устойчивый процент эффективности осветления при снижении рН среды с 11,84 до 9,13. Снижение рН среды ниже 8,5 не рекомендуется, так как приводит к выносу из отстойников взвешенных веществ, в том числе общего железа из-за неполного окисления двухвалентного железа в трехвалентное.

*Заключение.* Полупромышленные испытания, проведенные на станции нейтрализации кислых промышленных сточных вод ОАО «Электрометаллургический завод «Днепроспецсталь», показали, что:

– использование в процессе осветления нейтрализованных промышленных сточных вод анионоактивного флокулянта в условиях одновременного выравнивания гидравлической нагрузки на сооружения отстоя обеспечивают заметное повышение эффективности их работы;

– снижение рН среды нейтрализованных стоков с 11...12 до 9...10 позволяет сохранить высокую эффективность осветления при одновременном снижении затрат предприятия на нейтрализацию кислых промывных вод.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обессоливание сточных вод предприятий черной металлургии / Ю. Н. Резников, Б. М. Граховский, Д. Д. Мягкий [и др.]. – Киев: Техника, 1984. – 104 с.
2. Орловский З. А. Очистка сточных вод за рубежом / З. А. Орловский. – М.: Стройиздат, 1974. – 192 с.

Стаття надійшла до редакції 03.03.2009 р.  
Рецензент – проф. М.О. Українець