

Л. В. МИЛОВАНОВ

ОЧИСТКА
СТОЧНЫХ ВОД
ПРЕДПРИЯТИЙ
ЦВЕТНОЙ
МЕТАЛЛУРГИИ

Л. В. МИЛОВАНОВ

**ОЧИСТКА
И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
СТОЧНЫХ ВОД
ПРЕДПРИЯТИЙ
ЦВЕТНОЙ
МЕТАЛЛУРГИИ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО „МЕТАЛЛУРГИЯ“
Москва 1971

УДК 669.2+622.793

Очистка и использование сточных вод предприятий цветной металлургии. Милованов Л. В. Изд-во «Металлургия», 1971, с. 384.

Описаны происхождение и физико-химический состав сточных вод рудников, обогатительных фабрик, гидрометаллургических, пирометаллургических и сопутствующих им производств и заводов по обработке цветных металлов. Рассмотрены условия сброса сточных вод в водоемы и их влияние на состав воды водоемов. Приведены технологические мероприятия, направленные на уменьшение количества сточных вод и снижение их загрязненности. Подробно рассмотрены физико-химические методы очистки сточных вод. Даны типовые схемы очистки сточных вод.

Предназначена для инженерно-технических работников предприятий цветной металлургии, для эксплуатационного персонала очистных сооружений, а также может быть полезна для инженеров, проектирующих станции физико-химической очистки промышленных сточных вод. Илл. 46. Табл. 176. Библ. 84 назв.



ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава I. Происхождение и состав сточных вод	7
Шахтные воды	7
Обогащительные фабрики	18
Гидрометаллургические производства	49
Пирометаллургические производства	64
Сопутствующие производства	74
Заводы по обработке цветных металлов	78
Глава II. Условия сброса сточных вод	80
Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водоемов и необходимость очистки промышленных стоков	80
Технологические мероприятия	86
Использование хвостохранилищ в качестве очистных сооружений	92
Глава III. Методы очистки сточных вод	98
Методы очистки сточных вод от грубодисперсных приме- сей	98
Методы очистки сточных вод от кислот (нейтрализация)	102
Методы очистки сточных вод от катионов металлов	117
Методы очистки сточных вод от цианидов	128
Методы очистки сточных вод от фторидов	146
Методы очистки сточных вод от мышьяка	152
Методы очистки сточных вод от нефтепродуктов	155
Методы очистки сточных вод от фенола и крезолов	157
Методы очистки сточных вод от ксантогенатов	167
Методы очистки сточных вод от дитиофосфатов	170
Методы очистки сточных вод от сульфидов	170
Методы очистки сточных вод от роданидов	172
Методы очистки сточных вод от прочих флотореагентов	173
Глава IV. Технологические схемы очистки сточных вод	175
Обоснование выбора схемы очистки	175
Схема очистки сточных вод известью	180
Схема очистки сточных вод хлорной известью	187

	Схема очистки сточных вод гипохлоритом кальция, получаемым на месте из жидкого хлора и извести	194
	Отдельные решения схем очистки	203
Приложение	I. Химические анализы промышленных сточных вод предприятий цветной металлургии	217
Приложение	II. Влияние сброса неочищенных сточных вод предприятий цветной металлургии на состав воды водоемов	298
Приложение	III. Методы определения доз реагентов	352
Приложение	IV. Методы определения расхода сточных вод	353
Приложение	V. Временные санитарные правила проектирования, оборудования и содержания складов для хранения сильно действующих ядовитых веществ (СДЯВ)	373
Приложение	VI. Правила безопасности при эксплуатации водопроводно-канализационных сооружений	376
Литература	380

ВВЕДЕНИЕ

Рост промышленности СССР, включающий значительное расширение производств предприятий цветной металлургии, вызывает увеличение потребления воды, что неизбежно повышает и количество сточных вод. От одних только обогатительных фабрик страны поступает в общественные водоемы более 1 215 000 *м³/сутки* сточных вод.

Если учесть, что на 50 фабриках в качестве флотореагентов применяют ксантогенат, на 24 — цианиды, на 22 — нефтепродукты, а на некоторых еще фенолы и крезолы, то количества загрязнений, поступающих в водоемы с этими сточными водами, весьма значительны и требуется самое тщательное внимание и незамедлительное внедрение мероприятий по охране водоемов от загрязнения промышленными выбросами.

Ряд постановлений Партии и Правительства указывают на необходимость очистки сточных вод перед сбросом в водоемы.

Методы очистки сточных вод от встречающихся загрязнений разработаны, известны и проверены на ряде предприятий в промышленном и полупроизводственном масштабах.

Одновременно с реагентной химической очисткой разработаны способы так называемой безреагентной очистки, включающие электрохимические и электроионитные методы, применение ионообменных смол, методы, основанные на использовании новых реагентов, например озона вместо «активного хлора», и ряд других. Эти более новые, прогрессивные и совершенные способы очистки и обработки сточных вод еще только частично проверены на опытных установках, в то время как реагентные химические методы широко известны, на их основе разработаны типовые проекты и их применяют на ряде предприятий цветной металлургии. Поэтому для

максимального сокращения загрязнения водоемов сточными водами необходимо срочно, не дожидаясь полной разработки и апробирования «новых методов очистки», параллельно с их дальнейшим совершенствованием, внедрять известные химические методы очистки.

Ввиду того, что основные загрязнения промстоков предприятий цветной металлургии делят по химическому составу на две группы, одна из которых может быть удалена применением извести (нейтрализация, коагулирование и проведение реакций, дающих труднорастворимые соединения), другая — разрушается при воздействии такого окислителя, как «активный хлор», в книге рекомендуются две принципиальные, унифицированные схемы очистки сточных вод, основанные на использовании химических реагентов.

Глава I

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И СОСТАВ СТОЧНЫХ ВОД

Шахтные воды

Шахтные, или рудничные, воды в основном по происхождению являются природными или грунтовыми подпочвенными водами. Исключение могут составлять шахты, в которых применяют гидравлический способ добычи руды с использованием поверхностных вод. В соответствии с этим обычно шахтные воды загрязнены грубодисперсными примесями (частицы породы, глины, песок, дробленый крепежный лес и т. п.), минеральными солями (хлориды, сульфаты, силикаты), катионами тяжелых металлов (медь, никель, цинк, свинец, железо, кобальт, молибден, вольфрам и др.) при условии, что рН их ниже интервала выпадения гидроокисей соответствующих металлов в осадок. При рН шахтных вод более 6,8 ионы тяжелых металлов в растворе должны практически отсутствовать.

По данным О. А. Алекина [1], в районах залегания полиметаллических руд (например, на Алтае) даже поверхностные воды за счет грунтовых содержат растворенные соли тяжелых металлов (меди, цинка, кадмия, свинца, кобальта и др.) в концентрациях от 0,02 до 2,85 мг/л, т. е. во много раз превышающих предельно допустимую санитарными нормами концентрацию их в воде водоемов.

Шахтные воды свинцово-цинковых месторождений

В табл. 1 в качестве примера приведена характеристика шахтных вод, полученная в результате исследования восьми различных рудников, в которых добывают свинцово-цинковые руды.

Как можно видеть, концентрация грубодисперсных примесей достигает в отдельных случаях 2000 мг/л и воду безусловно перед сбросом ее в водоем необходимо глубоко осветлить. Максимальная концентрация сухого остатка общего (общий солевой состав) равна 530 мг/л, при этом растворенная органическая часть его составляет только 9%, остальные же 91% приходятся на минеральную часть, обусловленную главным образом содержанием сульфатов. Назван-

Т а б л и ц а 1

**Характеристика шахтных (рудничных) вод месторождений
свинцово-цинковых руд [3]**

Показатели	Номер рудника							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Цвет	—	—	—	—	—	—	Бесцветный	
Запах	—	—	—	—	—	—	Без запаха	
Прозрачность, см	—	—	—	—	—	—	0	0
pH *1	7	7	7	3,6	2,5	8,8	3,6	8,8
Щелочность, мг-экв/л	—	—	—	—	—	—	1,6	3,2
Жесткость, мг-экв/л:								
общая	—	—	—	—	—	—	2,5	3,7
карбонатная	—	—	—	—	—	—	1,2	3,2
Грубодисперсные при-								
меси, мг/л:*2								
общие	—	900	850	560	—	56	60	1960
прокаленные	—	—	—	—	—	—	—	1860
потеря при прока-								
ливании	—	—	—	—	—	—	—	100
Сухой остаток, мг/л:								
общий	—	—	—	—	—	—	180	530
прокаленный	—	—	—	—	—	—	100	480
потеря при прока-								
ливании	—	—	—	—	—	—	80	50
Окисляемость по								
KMnO ₄ , мг O на 1 л	—	—	—	—	—	—	4,1	4,1
Углекислота свобод-								
ная CO ₂ , мг/л	—	—	—	—	—	—	80	160
Кальций Ca ²⁺ :								
мг/л	—	—	—	—	—	—	34	104
мг-экв/л	—	—	—	—	—	—	1,7	5,1
Магний Mg ²⁺ :								
мг/л	—	—	—	—	—	—	10	31,2
мг-экв/л	—	—	—	—	—	—	0,41	1,3
Хлориды Cl ⁻ :								
мг/л	—	—	—	—	—	—	2	12,5
мг-экв/л	—	—	—	—	—	—	0,06	0,35
Сульфаты SO ₄ ²⁻ :								
мг/л	—	—	—	—	50	—	39	260
мг-экв/л	—	—	—	—	1	—	0,8	5,4
Алюминий Al ³⁺ ,								
мг/л *3	—	—	—	—	1	—	—	—
Железо общее Fe,								
мг/л *3	0,1	0	—	350	2000	—	350	0
Медь Cu ²⁺ , мг/л	1	1	0	—	50	0,2	1,6	0
Свинец Pb ²⁺ , мг/л	0,5	0	0,75	1,4	5	0	5	0,05
Цинк Zn ²⁺ , мг/л*4	1,9	1,4	2	590	5000	0,4	8,4	0,2
Мышьяк As, мг/л	—	—	—	—	—	—	0	0,8
Расход воды, м ³ /сутки	3000	7200	4800	10 300	16 800	8400	2000	110 000

*1 Как исключение, в сточных водах двух шахт pH составлял 2—3.

*2 Требуется осветление.

*3 Как исключение, в сточных водах одного из рудников найдено 4000 мг/л Al³⁺ и 20 000 мг/л Fe.

*4 Как исключение, сточные воды одного из рудников содержали 2000 мг/л Zr²⁺ при pH 2,5.

ные загрязнения не зависят от состава добываемых руд, а являются характерными для пород, окружающих рудные тела, которые зависят от географического положения того или иного рудника и от глубины залегания руд.

Концентрация солей жесткости невелика и соответствует составу грунтовых вод данного района. Величина рН шахтных вод свинцово-цинковых рудников изменяется в пределах от 2,5 до 8,8 и соответственно концентрации ионов тяжелых металлов составляют: 8,4 мг/л Zn^{2+} , 5 мг/л Pb^{2+} , 350 мг/л Fe (общее) и т. д. при рН = 5 и практически равны 0 при рН 9.

По данным А. И. Гутмана и И. И. Шабунина [2, с. 156], шахтные воды некоторых свинцово-цинковых месторождений нейтральны (их рН ≈ 7), прозрачны (прозрачность по стандартному штрифту до 30 см), практически не содержат грубодисперсных примесей, сухой остаток общий равен 1200 мг/л главным образом в результате присутствия солей жесткости (общая жесткость 13 мг-экв/л). Содержание ионов цветных металлов близко к предельно допустимым санитарным нормам в воде водоемов.

Шахтные воды полиметаллических рудников

Шахтные воды полиметаллических рудников, в которых добывают руды, содержащие цинк, свинец, медь и железо (иногда в небольших количествах серебро и золото), по составу близки к сточным водам свинцово-цинковых месторождений. Их загрязненность также зависит от состава грунтовых вод и окружающих пород.

В табл. 2 приведена характеристика шахтных вод шести различных полиметаллических месторождений.

Подобно шахтным водам свинцово-цинковых месторождений, основными загрязнениями сточных вод полиметаллических рудников являются грубодисперсные примеси и сухой остаток общий, обусловленный содержанием сульфатов, концентрация которых достигает 260 мг/л.

При значении рН ≈ 7 концентрация катионов цветных металлов незначительна.

Шахтные воды медно-никелевых рудников

Рассматривая характеристику шахтных вод медно-никелевых рудников (табл. 3), можно отметить значительно меньшую, чем в шахтных водах свинцово-цинковых рудников, концентрацию грубодисперсных примесей, примерно такой же сухой остаток общий. Потеря при прокаливании (растворенная органическая часть его) составляет менее 20%, а минеральная обусловлена главным образом также имеющимися сульфатами и повышенным содержанием магния, превышающим даже концентрацию кальция.

**Характеристика шахтных (рудничных) вод месторождений
полиметаллических руд**

Показатели	Номер рудника					
	1	2	3	4	5	6
Цвет	—	—	—	—	—	Бесцветный
Запах	—	—	—	—	—	Без запаха
Прозрачность, см	—	—	—	—	—	0
pH	5,1	5,0	6,7	7,6	7,2	7,3
Щелочность, мг-экв/л	1,6	1,6	3,2	2,6	1,7	1,2
Жесткость, мг-экв/л:						
общая	3,8	2,5	7,7	—	—	5,8
карбонатная	1,6	1,6	3,2	—	—	1,2
постоянная	2,2	0,9	4,5	—	—	4,6
Грубодисперсные примеси, мг/л:						
общие	—	—	540	—	—	1960
прокаленные	—	—	—	—	—	1860
потеря при прокаливании	—	—	—	—	—	100
Сухой остаток, мг/л:						
общий	330	230	530	240	180	420
прокаленный	240	140	480	160	100	360
потеря при прокаливании	90	90	50	80	80	60
Углекислота свободная CO ₂ , мг/л	160	—	79	—	—	—
Окисляемость по KMnO ₄ в отстоенной воде, мг О на 1 л	—	—	—	—	—	4,1
Кальций Ca ²⁺ :						
мг/л	58	33,6	102	—	—	75,5
мг-экв/л	2,9	1,7	5,1	—	—	3,8
Магний Mg ²⁺ :						
мг/л	10,7	10	31,2	—	—	24
мг-экв/л	0,88	0,82	2,6	—	—	2
Хлориды Cl ⁻ :						
мг/л	12,5	6,2	8,3	2	5	8,5
мг-экв/л	0,35	0,18	0,23	0,06	0,14	0,24
Сульфаты SO ₄ ²⁻ :						
мг/л	118	39	258	—	50	230
мг-экв/л	2,45	0,8	5,37	—	1	4,8
Бикарбонаты HCO ₃ ⁻ :						
мг/л	98	98	195	—	—	—
мг-экв/л	1,6	1,6	3,2	—	—	—
Калий + натрий по разности Na ⁺ :						
мг/л	14,5	1,4	25,3	—	—	—
мг-экв/л	0,63	0,06	1,1	—	—	—
Железо общее Fe, мг/л	—	—	—	—	—	0,38
Медь Cu ²⁺ , мг/л	Сл.	0	Сл.	0,2	0,05	0,36
Свинец Pb ²⁺ , мг/л	»	0	»	0,45	0,3	0,05
Цинк Zn ²⁺ , мг/л	—	—	—	—	—	1,6
Мышьяк As, мг/л	—	—	—	—	—	0
Расход воды, м ³ /сутки	1900	2900	9600	14 400	10 000	4800

Таблица 3

Характеристика шахтных (рудничных) вод месторождений
медно-никелевых руд

Показатели	Номер рудника			
	1	2	3	4
Цвет		Желтоватый		
Запах		Без запаха		
Прозрачность, см	13	11	16	22
pH	7,2	6,8	6,5	7,4
Щелочность, мг-экв/л	0,8	0,3	1,0	0,8
Жесткость, мг-экв/л:				
общая	5,3	8,0	—	—
карбонатная	0,8	0,3	—	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	28	52	14	3,6
прокаленные	14	29	13	2,4
потеря при прокаливании	14	23	1	1,2
Сухой остаток, мг/л:				
общий	430	680	680	350
прокаленный	350	580	550	280
потеря при прокаливании	80	100	130	70
Окисляемость по $KMnO_4$ в натуральной воде, мг O на 1 л	4,5	11	1,5	2,1
Азот аммонийный NH_4^+ :				
мг/л	2	3,3	—	—
мг-экв/л	0,12	0,20	—	—
Нитриты NO_2^- :				
мг/л	0,2	0,3	—	—
мг-экв/л	0,005	0,007	—	—
Нитраты NO_3^- :				
мг/л	5,8	2,8	—	—
мг-экв/л	0,093	0,045	—	—
Кальций Ca^{2+} :				
мг/л	23	37	—	—
мг-экв/л	1,15	1,85	—	—
Магний Mg^{2+} :				
мг/л	51	74	—	—
мг-экв/л	4,19	6,1	—	—
Хлориды Cl^- :				
мг/л	6	5	6,5	—
мг-экв/л	0,17	0,14	0,18	—
Сульфаты SO_4^{2-} :				
мг/л	240	410	370	190
мг-экв/л	5,0	8,5	7,7	4,0
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	5	3	—	—
Железо общее, Fe, мг/л	5,5	8,8	—	—
Медь Cu^{2+} в отстоенной воде, мг/л	0,08	0,8	0,4	0,8
Никель Ni^{2+} , мг/л в воде:				
отстоенной	4	19,4	6,0—6,5	6,5—7,9
фильтрованной	3,4	16	6	4,3
Кобальт Co^{2+} в отстоенной воде, мг/л	0,08	0,6	0,01	0,02
Расход воды, $m^3/сутки$		1500 *		

* Суммарный расход для четырех шахт.

Примечание По С. М. Черноброву [4] концентрация Ni^{2+} составляет 220 мг/л.

Соответственно, при рН, равном 6,5, в воде можно обнаружить катионы тяжелых металлов: никеля, меди, железа и кобальта. При более высоких значениях рН концентрации этих элементов оказываются меньшими.

Шахтные воды меднодобывающих рудников

Шахтные воды меднодобывающих рудников резко отличаются от шахтных вод полиметаллических или медно-никелевых.

В табл. 4 приведена характеристика сточных вод 11 различных рудников. Сточные воды их, как правило, кислые (рН от 2 до 3,5). Концентрация грубодисперсных примесей, так же как и в шахтных водах свинцово-цинковых рудников, достигает 1600 мг/л. В соответствии со значением рН в растворе содержится до 22 000 мг/л железа общего; до 360 мг/л меди; до 500 мг/л цинка. Концентрация сульфатов в них составляет около 8000 мг/л, на основании чего можно полагать, что в воде присутствуют сульфаты меди, цинка и железа.

При нейтрализации шахтных вод данного состава до рН более 8 все находящиеся в них катионы тяжелых металлов выпадут в осадок в виде труднорастворимых соединений.

Шахтные воды молибденовых месторождений

Характеристика шахтных вод молибденовых месторождений аналогична характеристике сточных вод свинцово-цинковых рудников: рН их также ~ 7 , прозрачность ~ 30 см, содержание грубодисперсных примесей ничтожно мало, сухой остаток общий до 1200 мг/л, что обусловлено в основном солями жесткости. Содержание катионов тяжелых металлов не превышает предельно допустимых концентраций их в воде водоемов.

Данные шахтные воды в общем не нужно подвергать какой-либо очистке, их можно сбрасывать в водоемы или использовать в технологическом процессе обогатительных фабрик.

Шахтные воды оловянных месторождений

У шахтных вод оловянных месторождений молочный цвет. Они имеют нейтральную реакцию, слабо минерализованы и содержат до 1600 мг/л грубодисперсных примесей, которые не отстаиваются в течение нескольких суток.

Характеристика рудничной воды одной из шахт приведена ниже

Цвет	Молочный
Запах	Без запаха
Прозрачность, см	0
рН	6,0
Жесткость общая, мг-экв/л	1,33
Грубодисперсные примеси, мг/л:	
общие	1520—1600
прокаленные	1400—1460

Характеристика шахтных (рудничных) вод меднодобывающих рудников

Показатели	Номер рудника											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
pH	3,5 4—19	3 4—14	2—3 2—32	—	—	3 5	—	—	—	2,5	—	—
Кислотность, мг-экв/л	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	500—800	1000—1600	200—500	—	700	200—800	—	—	—	—	—	—
Кальций Ca ²⁺ :	—	—	—	144,2	—	—	—	—	—	—	—	—
мг/л	—	—	—	7,2	—	—	—	—	—	—	—	—
Мг-экв/л	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Магний Mg ²⁺ :	—	—	—	76,2	—	—	—	—	—	—	—	—
мг/л	—	—	—	6,4	—	—	—	—	—	—	—	—
Мг-экв/л	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Хлориды Cl ⁻ :	—	—	—	28	—	—	—	—	—	—	—	—
мг/л	—	—	—	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—
Мг-экв/л	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сульфаты SO ₄ ²⁻ :	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
мг/л	—	—	—	1400	5500—6500	600—8000	147	400	294	4,9	3000	—
Мг-экв/л	—	—	—	—	114,6—135,4	12,5—167	3,1	8,3	6,1	0,1	62,5	—
Алюминий Al ³⁺ , мг/л	—	—	—	231,3	—	—	—	—	—	—	—	—
Железо, мг/л:	—	—	—	86	—	—	—	—	—	—	—	—
общее Fe	250—600	250—1800	100—300	—	470	240	2400	55	—	15	21 000	—
закисное Fe ²⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
окисное Fe ³⁺	30—260	60—430	300—350	—	—	100	1300	430	—	90	—	—
Медь Cu ²⁺ , мг/л	30—200	40—360	5	226	400	130	310	220	—	20	—	—
Цинк Zn ²⁺ , мг/л	150—350	30—300	20—70	—	60—240	50—500	56	33	8	5	—	—

потеря при прокаливании	120—140
Сухой остаток, мг/л:	
общий	112—177
прокаленный	53—124
потеря при прокаливании	53—59
Химическое потребление кислорода (ХПК), мг О на 1 л	153—274
Кальций Са ²⁺ :	
мг/л	21,6
мг-экв/л	1,08
Магний Mg ²⁺ :	
мг/л	3,0
мг-экв/л	0,25

Осветление этих шахтных вод возможно только коагулированием.

Шахтные воды сурьмяных месторождений

Шахтные воды месторождений сурьмяных руд, состав которых приведен в табл. 5, можно отнести к чистым, так как наибольшие концентрации катионов свинца требуют разбавления всего в 2 раза для достижения предельно допустимой концентрации его в воде водоёмов.

Таблица 5

Характеристика шахтных (рудничных) вод месторождений сурьмяных руд

Показатели	Номер рудника	
	1	2
Цвет	Бесцветный	
Запах	Без запаха	
рН	6,9	7,2
Щелочность, мг-экв/л	0,8—1,9	0,8—1,9
Медь Cu ²⁺ в фильтрованной воде, мг/л	0	0
Свинец Pb ²⁺ в фильтрованной воде, мг/л	0,08—0,12	0,09—0,18
Мышьяк As ³⁺ , мг/л	0,04	0,02
Расход воды, м ³ /сутки	2500 *	

* Суммарный расход для двух шахт.

Шахтные воды ртутных рудников

Характеристика шахтных вод ртутного рудника дана ниже:

Цвет	Желтый
Запах	Без запаха
Прозрачность, см	7
рН	6,5

Щелочность, мг-экв/л	4
Жесткость общая, мг-экв/л	23,5
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	26
Сухой остаток, мг/л:	
общий	2440
прокаленный	2260
потеря при прокаливании	180
Окисляемость по $KMnO_4$, мг О на 1 л в фильтрованной воде	8,1
Кальций Ca^{2+} :	
мг/л	198,4
мг-экв/л	9,9
Магний Mg^{2+} :	
мг/л	164,7
мг-экв/л	13,7
Хлориды Cl^- :	
мг/л	390
мг-экв/л	11
Сульфаты SO_4^{2-} :	
мг/л	752
мг-экв/л	15,4
Железо общее Fe, мг/л	5
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,07
Ртуть Hg, мг/л	0
Мышьяк As, мг/л	0,06
Сурьма Sb, мг/л	2
Расход воды, м ³ /сутки	2500

Эти воды также можно отнести к группе чистых, так как какие-либо токсические загрязнения практически в них отсутствуют. Повышенное количество сухого остатка общего обусловлено большой концентрацией сульфатов, хлоридов, кальция и магния. Потеря при прокаливании его составляет только 8%.

Шахтные воды золотодобывающих рудников

Характеристика шахтных вод золотодобывающих рудников, включающая анализ вод, отобранных на восьми различных шахтах, приведена в табл. 6.

Как можно видеть, шахтные воды бесцветны или в отдельных случаях желтоватые, без запаха, достаточно прозрачные, содержат до 300 мг/л грубодисперсных примесей, рН их находится в пределах от 3 до 7, сухой остаток общий достигает 2000 мг/л, главным образом, за счет солей жесткости (кальция, магния), а также хлоридов и сульфатов. Концентрация ионов меди, свинца и цинка зависит от величины рН и в отдельных случаях достигает 2—9 мг/л.

Из сказанного выше следует, что в большинстве случаев шахтные воды относятся к группе условно чистых, которые можно сбрасывать в водоемы без какой-либо специальной очистки. Их следует также использовать в технологическом процессе на гравитационных или флотационных обогатительных фабриках.

Показатели	Номер рудника							
	1	2	3	4	5	6	7	8
мг-экв/л	0,21— 0,75	0,54	1,17	15,2	9,86— 18,6	—	—	—
Сульфаты SO_4^{2-} : мг/л	56,4— 180	308,2	287,2	124,3	94—175	—	—	—
мг-экв/л	1,18— 3,75	6,42	6,00	2,59	1,96— 3,65	—	—	—
Кальций Ca^{2+} : мг/л	51—97	176	100	58,8	110—206	—	—	—
мг-экв/л	2,55— 4,85	8,80	5,00	2,94	5,50— 10,3	—	—	—
Магний Mg^{2+} : мг/л	3,8—42,6	105,6	19,8	203	119—203	90	40	—
мг-экв/л	0,31— 3,55	8,80	1,65	16,9	9,91— 16,9	7,50	3,33	—
Железо общее Fe, мг/л	0,05—0,2	0,1	0,15	—	—	0,7—1,0	3—5	—
Медь Cu^{2+} , мг/л	0	—	—	—	—	0,09	1,4	—
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0	—	—	—	—	0,3—0,4	0,5—0,6	—
Цинк Zn^{2+} , мг/л	0	—	0,3	—	—	1,65	9,3	—
Мышьяк As, мг/л	0	—	0,02	—	—	0—0,05	0—0,3	—

Шахтные воды меднодобывающих рудников и другие кислые воды, загрязненные катионами тяжелых металлов, необходимо нейтрализовать.

Некоторые из шахтных вод нужно осветлять при отстаивании с применением в отдельных случаях коагулирования.

Обогатительные фабрики

Сточные воды свинцовых обогатительных фабрик

При флотационном обогащении свинцовых руд применяют флотореагенты, перечень и расход которых приведены ниже:

Флотореагент	Расход, кг на 1 т перераба- тываемой руды
Крезол	0,8
Сосновое масло	0,07
Сявское тяжелое масло	0,1—0,3
Ксантогенаты	0,2—0,4
Сернистый натрий	3—6
Циан-плав	1,0
Медный купорос	0,9
Цинковый купорос	1,4
Известь	0,6—0,7
Кальцинированная сода	1,5
Вода	4—6*

Однако на отдельных фабриках в зависимости от состава флотурируемых руд используют не все перечисленные флотореагенты одновременно, а только те или иные их сочетания. Так, на одной из обследованных фабрик в качестве флотореагентов применяют сявское тяжелое масло, ксантогенат, сернистый натрий, известь, а на другой — крезол, сосновое масло, ксантогенат, циан-плав, медный купорос, цинковый купорос, кальцинированную соду.

Сбрасываемые со свинцовых обогатительных фабрик сточные воды в основном делят на две группы:

1) сливы со сгустителей концентратов, составляющие ~2,5% объема всех сточных вод;

2) хвостовые стоки после флотации, составляющие остальные 97,5% сточных вод.

Химический состав сточных вод зависит главным образом от набора применяемых флотореагентов и рН среды.

В табл. 7 приведена характеристика сточных вод нескольких свинцовых обогатительных фабрик, из которой видно, что основным загрязняющим сточные воды компонентом являются грубодисперсные примеси. Концентрации меди, свинца и мышьяка, а также веществ, окисляющихся перманганатом при фильтровании резко снижаются, что указывает на присутствие их в воде не

* Единица измерения — кубический метр

Характеристика сточных вод свинцовых обогатительных фабрик [5]

Показатели	Фабрика № 1				Общий сток фабрики № 2
	сливы со сгустителей свинцового концентрата	хвостовой сток после флотации	общий сток		
			до хвостохранилища	после хвостохранилища	
Температура, °С	—	—	—	—	24
Цвет	Мутно-желтый	Ярко-желтый			Темно-синий
Запах	Керосина (слабый)	Глины	Флото-реагентов	Флото-реагентов (слабый)	Без запаха
Прозрачность, см	0	0	0	0	0
pH	8,3	8,6	8,3	8,4	7,8
Щелочность, мг-экв/л	2	8,6	4,6	5,4	1,5
Грубодисперсные примеси, мг/л:					
общие	12 400	474 300	129 400	9900	260
прокаленные	11 000	413 700	116 600	8700	250
потеря при прокаливании	1 400	42 600	12 800	1200	10
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	0,06	20	56,6	—	—
Сухой остаток, мг/л:					
общий	—	—	—	—	1760
прокаленный	—	—	—	—	1470*
потеря при прокаливании	—	—	—	—	290
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л в воде:					
натуральной	7,2	605	64	30	2630
фильтрованной	5,4	450	32	19	1,2
Хлориды Cl^- :					
мг/л	—	—	—	—	67
мг-экв/л	—	—	—	—	1,9
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:					
натуральной	—	625	111	15,2	390
фильтрованной	0	0	0	0	0,25
Свинец Pb^{2+} в натуральной воде, мг/л	—	2800	1220	110	4,5
Мышьяк As, мг/л, в воде:					
натуральной	—	—	—	—	0,05
фильтрованной	—	—	—	—	0
Фенол в фильтрованной воде, мг/л	0,44	3,5	3,2	1,8	—
Расход воды, м ³ /сутки	12	400—500	413—511	413—511	—

в истинно растворенном состоянии, а в твердой фазе, отделяемой механическими способами, в частности тщательным отстаиванием. Это положение подтверждается при сравнении данных анализа сточных вод до хвостохранилища и после него (см. табл. 7), из которых видно, что при прохождении через хвостохранилище окисляемость, концентрации меди, свинца и мышьяка снижаются.

Однако, согласно другим показателям, данное хвостохранилище работает далеко не совершенно, так как прозрачность выходящей из него воды равна 0 см и остаточная концентрация грубодисперсных примесей составляет около 10 г/л.

Сточные воды свинцово-цинковых обогатительных (полиметаллических) фабрик

Флотационное обогащение свинцово-цинковых руд (полиметаллических), часто содержащих также минералы меди и железа, проводят с применением флотореагентов, перечисленных в табл. 8. Из них такие вещества, как сульфат натрия, тиосульфат натрия, хромат калия, нафтенная и олеиновая кислоты, сланцевые смолы и терпинеол, используют, как исключение, на двух-трех фабриках из 24 обследованных. Воду в количестве 13 м³ на 1 т перерабатываемой руды расходуют лишь на одной фабрике из 24, на всех прочих расход воды составляет 5—6 м³ на 1 т перерабатываемой руды.

Так же как и при обогащении свинцовых руд, на свинцово-цинковых фабриках все указанные в табл. 8 флотореагенты одновременно не применяют. На отдельных фабриках в зависимости от состава флотируемых руд используют определенные наборы флотореагентов, часто в различных количествах. В приложении I (см. табл. I-1) приведены флотореагенты, применяемые на некоторых фабриках. Как можно видеть, разнообразие их чрезвычайно велико.

Характеристика сточных вод свинцово-цинковых обогатительных фабрик приведена в табл. 9 [2. с. 7; 6—11].

Основными загрязнениями таких сточных вод являются грубодисперсные примеси (главным образом, в хвостовых стоках и в сливах со сгустителей пиритных концентратов, а также в общих стоках, представляющих сумму всех сточных вод). Обращает на себя внимание то, что потеря при прокаливании грубодисперсных примесей очень невелика, что указывает на преобладание в них минеральных веществ (пустой породы, песка, глины). Объем осадка достигает 25—27% объема сточных вод в хвостовом и общих стоках и только 0,04—1,5% в сливах со сгустителей концентратов. Последнее является прямой потерей производства, что указывает на плохую работу отстойников (сгустителей) или фильтров. Сухой остаток общий, (за исключением обливов со сгустителей медных концентратов) менее 1 г/л обусловлен в основном сульфатами и

**Перечень и расход флотореагентов, применяемых при
флотационном обогащении свинцово-цинковых руд**

Флотореагенты	Расход, кг на 1 т перерабатываемой руды		
	минимальный	максималь- ный	средний
Крезол	0,05	0,5	0,1
Сосновое масло	0,04	0,3	0,1
Сланцевая смола	—	0,6	—
Терпинеол	0,03	0,07	—
Активированный уголь	—	0,05	—
Дитиофосфат	0,03	0,2	0,1
Ксантогенат	0,1	0,4	0,2
Нафтенная кислота	1	1,2	—
Олеиновая кислота	—	0,4	—
Жидкое стекло	0,25	0,7	0,46
Сернистый натрий	0,04	3	0,86
Тиосульфат натрия	—	0,5	—
Хромат калия	—	0,1	—
Циан-плав	0,1	1,2	0,4
Медный купорос	0,2	1,3	0,6
Серная кислота	0,1	0,8	0,3
Сульфат натрия	0,2	0,6	—
Цинковый купорос	0,2	2,4	0,8
Известь	0,05	13,5	3,8 *
Кальцинированная сода	0,1	5,1	1,6 *
Вода	5 **	13 **	6,7 **

* На одних свинцово-цинковых обогатительных фабриках применяют 2,5—13,5 кг извести на 1 т перерабатываемой руды при этом расход кальцинированной соды составляет 0,1—1,0 кг на 1 т перерабатываемой руды; на других свинцово-цинковых обогатительных фабриках применяют 0,25—5,1 кг кальцинированной соды на 1 т перерабатываемой руды, при этом расход извести составляет 0—0,05 кг на 1 т перерабатываемой руды.

** Единица измерения кубический метр.

кальцием в тех случаях, когда в качестве реагента среды применяют известь. Потеря при прокаливании сухого остатка не превышает 25% его общего количества и подтверждает содержание в растворе главным образом минеральных солей и в значительно меньшей степени органических соединений и хлоридов.

Перманганатная окисляемость натуральной воды во много раз превышает окисляемость, определяемую после фильтрования, что указывает на присутствие окисляющихся веществ, сорбированных на твердой фазе. Сливыв со сгустителей пиритных концентратов, содержащие более 6 г/л грубодисперсных примесей, имеют окисляемость натуральной сточной воды 1,5 г/л, после фильтрования она снижается до 60 мг/л, т. е. более, чем на 96%. Сточные воды загрязнены простыми цианидами и комплексными цианидами меди, концентрация которых достигает в сливах со сгустителей медных

Характеристика сточных вод свинцово-цинковых обогатительных фабрик

Показатели	Сливы со ступенчатей концентрата				Хвостовой сток	Общий сток		Снижение количества загрязнений при проходе дниа через хвостохранилище, %
	Свинцового		Цинкового			до хвостохранилища	после хвостохранилища	
	свинцового	цинкового	медного	пиритного	общий слив	Серый		
Цвет	6	0—7	4,2	0	8,3	Серый		Без изменения
Запах						Флотореагентов		Полное исчезновение
Прозрачность, см			4,2	0	8,3	0	0	Без изменения
pH	8,3	9	9,45	8,1	8,6	9,3	9,2*	Без изменения
Щелочность, мг-экв/л	5	5	11,3	0,85	7,9	3,7	5,6	Снижение 64,4
Грубодисперсные примеси, мг/л:								
общие	151	171	184	6430	2620	160 000	233 000	99,9
прокаленные	56	111	147	5400	1610	150 250	52 000	—
потери при прокаливании	95	60	37	1030	1010	9 750	181 000	—
Объем осадка, после 2-ч отстаивания, %	0,09	0,06	0,04	1,5	1,03	25,4	26,8	99,9
Сухой остаток, мг/л:								
общий	668	747	2030	695	546	754	830	33,5
прокаленный	476	550	1670	590	308	578	625	—
потери при прокаливании	192	197	370	105	238	176	105	—

* Изменение от 8,3 до 11.

** Изменение от 7,9 до 10,3.

Продолжение табл. 9

Показатели	Сливы со ступенчатей концентрации					Хвостовой сток	Общий сток		Снижение количества загрязнений при прохождении через хвостохранилище, %
	свинцового	цинкового	медного	пиритного	общий слив		до хвостохранилища	после хвостохранилища	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:									
натуральной	62	103	246	1471	52,6	946	760	53	93
отстойной	36	67	228	58	13,3	42	58,5	30,2	48,4
Хлориды Cl^- :									
мг/л	14,3	15,6	233	33,3	4,6	32,8	29,1	—	—
мг-экв/л	0,4	0,44	6,5	0,94	0,13	0,92	0,8	—	—
Сульфаты SO_4^{2-} :									
мг/л	169	168	372	440	93	250	223	191	14,4
мг-экв/л	3,45	3,4	7,6	8,8	1,9	5,1	4,5	4	—
Цианиды CN, мг/л:									
свободные	0,9	1,8	2,6	0	0,4	2,4	5,6	4,6	18
связанные в комплекс с Cu, связанная в комплекс с CN, мг/л	4,6	1,6	235	2,9	13,5	5,9	4,4	2,6	41
Цинк Zn, связанный в комплекс с CN, мг/л	3,75	1,2	192	2,4	11	4,8	4,7	3,2	32
Свинец Pb^{2+} , мг/л	—	0,5	—	0,5	—	—	8,8	3,3	62,4
Цинк Zn^{2+} , мг/л	0,43	1,5	0,14	0,37	0,53	2,73	0,8	0,53	33,7
Сосновое масло, мг/л	0,97	1,03	2,25	—	1,73	10,1	6,5	3,9	40
Крезол в пересчете на фенол, мг/л	25,7	17,2	24	—	20,6	8	25,2	8,4	66,7
Ксантогенаты, мг/л	2,3	2,4	10,4	3,4	1,98	4,67	16	4,3	73
Дитиофосфаты, мг/л	0,29	0,6	1,9	0,14	4,65	0,48	2,4	2,2	8,4
Расход воды, м ³ /сутки	0,47	2,02	2,5	0,05	—	1,6	2,3	0,8	65,2
	160—1980	60—2300	42—420	200—470	300—3000	300—6900	6620—36700	1500—25000	—

концентратов 235 мг/л в пересчете на СN. Концентрация свинца и цинка не превышает соответственно 3 и 10 мг/л, причем при прохождении этих сточных вод через хвостохранилище и осветлении на 99,9% концентрации их снижаются на 34 и 40%, что указывает на присутствие свинца и цинка в нерастворимом и коллоидном состояниях. Это подтверждается и тем, что гидроксид цинка начинает выпадать в осадок при $pH = 5,2$, а гидроксид свинца при $pH = 6,0$, т. е. при существующей величине pH сточных вод (8,3—11 до хвостохранилища и 7,9—10,3 после хвостохранилища) катионы этих металлов и не должны находиться в истинно растворенном состоянии, т. е. в ионной форме.

Из органических загрязнений в сточных водах содержатся: сосновое масло, крезол или фенол, ксантогенат и дитиофосфат. Однако при прохождении через хвостохранилище концентрации соснового масла, крезола и дитиофосфата снижаются соответственно на 76; 73 и 65%. Концентрация ксантогената при этом снижается только на 8,4%.

Сточные воды свинцово-цинковых обогатительных фабрик, как правило, мутные, окрашены, обладают запахом флотореагентов и имеют pH более 7.

Следует отметить, что все свинцово-цинковые обогатительные фабрики можно разделить на две группы:

- 1) в качестве основного реагента среды применяют кальцинированную соду;
- 2) в качестве основного реагента среды используют известь, и pH сточных вод изменяется при прохождении через хвостохранилище от 11 до 10,3.

Соответственно определяемое аналитически содержание ионов свинца, цинка и т. д. при попадании в пробу коллоидов (проходящих через обычный фильтр) выше в первом случае и ниже во втором.

Более подробные результаты анализов сточных вод по отдельным свинцово-цинковым обогатительным фабрикам приведены в приложении I (см. табл. I-2—I-22).

Кроме рассмотренных примеров свинцово-цинковых (полиметаллических) обогатительных фабрик, в цветной металлургии имеются такие, которые наряду с цинком, свинцом, медью и пиритом обогащают касситериты—оловосодержащие руды. Обычно оловянный концентрат получают по методам гравитации без применения в процессе каких-либо флотореагентов, подвергая обогащению или хвосты свинцово-цинковой флотации, или извлекая сначала оловосодержащие минералы, а затем подвергая хвосты гравитации свинцово-цинковой флотации. Кроме того, на этих фабриках предусмотрены отделения доводки оловянных концентратов.

В табл. 10 приведена характеристика сточных вод, получающихся после гравитации оловосодержащих руд.

Характеристика сточных вод гравитационных оловообогатительных фабрик [6, 13]

Показатели	Значение	
	наименьшее	наибольшее
Цвет	Бесцветный	Глинистый
Запах	Без запаха	
Прозрачность, см	0	0
pH	5,8	7,4
Щелочность, мг-экв/л	0,4	2
Грубодисперсные примеси, мг/л:		
общие	56 600	125 600
прокаленные	53 600	121 100
потеря при прокаливании	3 000	4 500
Объем осадка, %	36	99
Жесткость общая, мг-экв/л	3,7	3,9
Сухой остаток, мг/л:		
общий	100	570
прокаленный	80	160
потеря при прокаливании	20	90
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	2	8,6
Хлориды Cl^- :		
мг/л	5,6	16,4
мг-экв/л	0,16	0,46
Железо общее Fe, мг/л	0,5	0,1
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,2	0,17
Цинк Zn^{2+} , мг/л	0,45	0,37
Свинец Pb^{2+} , мг/л, в воде:		
отстоенной	0,05	0,05
фильтрованной	0,05	0,05
Мышьяк As, мг/л	0	0,5
Расход воды, м ³ /сутки	5000	—

В обоих рассмотренных случаях сбрасываемые сточные воды частично загрязнены применяемыми флотореагентами и их нельзя отнести к категории гравитационных сточных вод. Количество загрязненных флотореагентами сточных вод составляет от 3 до 20% общего стока фабрик такого рода.

Как следует из данных табл. 10, сточные воды гравитационного обогащения оловянных руд весьма мутные, но их легко осветлить и они не обладают ни цветом, ни запахом. Основным загрязнением являются грубодисперсные примеси, концентрация которых достигает 125,6 г/л. При этом основная масса их — минерального происхождения, так как потеря при прокаливании составляет всего около 3%. Количество сухого остатка общего невелико и зависит от состава той технической воды, которую применяли при гравитации. Основные компоненты, образующие этот остаток, также в большей части минерального происхождения, так как потеря при прокаливании составляет 20—30%.

Из катионов тяжелых металлов найдено 0,2 мг/л меди; 0,05 мг/л свинца и 0,45 мг/л цинка. При сбросе таких сточных вод в водоемы их следует очищать от грубодисперсных примесей и разбавлять максимум в 4—5 раз для достижения в водоеме предельно допустимой концентрации ионов цинка.

Более подробные данные о сточных водах флотационных обогатительных фабрик при гравитационном обогащении оловосодержащих руд приведены в приложении I (см. табл. I-23—I-25).

Сточные воды медно-никелевых обогатительных фабрик

При флотационном обогащении медно-никелевых руд в качестве флотореагентов применяют: кальцинированную соду, сернистый натрий, бутиловый ксантогенат, медный купорос, крезол, известь, дитиофосфат, карбоксиметилцеллюлозу.

Ниже приведены перечень и расход флотореагентов, применяемых на одной из флотационных фабрик при обогащении руды, содержащей минералы меди, никеля и кобальта.

Флотореагент	Расход, кг на 1 т перераба- тываемой руды
Дитиофосфаты	0,05
Карбоксиметилцеллюлоза (ти- лоза)	0,7
Ксантогенат бутиловый	0,14
Медный купорос	0,1
Кальцинированная сода	2,93
Вода	4,1*

Характеристика сточных вод одной медно-никелевой обогатительной фабрики приведена в табл. 11.

Основным загрязнителем этих вод являются грубодисперсные примеси, концентрация которых в хвостах флотации достигает 200 г/л и они занимают после 2-ч отстаивания до 37% объема сточных вод.

Из растворенных соединений в воде содержатся: никель, карбонаты, бикарбонаты, сульфаты и в ничтожно малых количествах медь, кобальт и ксантогенат.

Воды мутные, желтоватого цвета, с рН от 6,7 до 9,5. Потеря грубодисперсных примесей и сухого остатка общего при прокаливании ничтожно мала, что свидетельствует о преобладании в их составе минеральных веществ (частиц руды). Основой растворенных минеральных солей общего стока являются сульфаты. При прохождении сточных вод через хвостохранилище количество грубодисперсных примесей резко снижается.

* Единица измерения — кубический метр

Таблица 11

**Характеристика сточных вод одной из медно-никелевых
флотационных обогатительных фабрик**

Показатели	Сливы со стусителей медного концентрата	Общий сток		Снижение количества загрязнений при прохождении через хвостохранилище, %
		до хвостохранилища	после хвостохранилища	
Цвет		Бесцветный		—
Запах	Неопределенный	Флотореагентов		—
Прозрачность, см	5	0	0,8	—
pH	8,3	6,8	6,7	—
Щелочность общая, мг-экв/л	16,1	0,51	0,61	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	160	196 600	520	99,7
прокаленные	150	191 000	480	—
потеря при прокаливании	10	5 600	40	—
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	—	39	10,5	73
Сухой остаток, мг/л:				
общий	1360	440	230	48
прокаленный	880	350	160	—
потеря при прокаливании	480	90	70	—
Окисляемость по KMnO_4 в отстоянной воде, мг O на 1 л	40	36	11,2	69
Хлориды Cl^- :				
мг/л	18	8,7	3,4	60
мг-экв/л	0,51	0,25	0,1	—
Сульфаты SO_4^{2-} :				
мг/л	280	430	200	53,5
мг-экв/л	5,8	8,9	4,2	—
Железо общее Fe, мг/л	0,04	0,13	0,13	—
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,12	0	0	—
Никель Ni^{2+} , мг/л	0,03	0,03	0,03	—
Крезол в пересчете на фенол, мг/л	2,1	7,4	3,2	57
Ксантогенаты, мг/л	0,55	0,9	0,7	22
Расход воды, м ³ /сутки	7000	90 000	90 000	—

В табл. 12 приведена характеристика сточных вод другой медно-никелевой флотационной обогатительной фабрики. Их характеристика незначительно отличается от характеристики сточных вод, приведенной в табл. 11.

*Сточные воды медно-рудных
обогатительных фабрик*

При флотационном обогащении медных руд применяют флото-реагенты, перечень и расход которых приведены ниже:

Флотореагент	Расход, кг на 1 т перераба- тываемой руды
Пиридин тяжелый	0,03
Ксантогенат бутиловый	1,4
Сернистый натрий	2,3
Циан-плав	1,5
Медный купорос	2,7
Цинковый купорос	2,3
Известь	12
Вода	3,9*

На некоторых фабриках, кроме перечисленных выше флотореагентов, при отдельных операциях применяют дитиофосфат, серную кислоту и какой-либо из вспенивателей (крезол, сосновое масло, фенол и т. п.). В табл. 13 представлена характеристика сточных вод медно-рудных обогатительных фабрик.

Основными загрязняющими сточные воды компонентами являются: грубодисперсные примеси, 99% которых выпадает в осадок в хвостохранилище; повышенная щелочность воды ($pH = 11,1 \div 11,7$); весьма большое количество сухого остатка общего (от 1,5 до 2 г/л), обусловленного кальцием и сульфатами. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что окисляемость по $KMnO_4$ в натуральной сточной воде чрезвычайно велика (более 73 г O на 1 л), но после отстаивания она снижается до 80—100 мг O на 1 л, т. е. более, чем в 730 раз. Это явление можно объяснить тем, что окисляющиеся перманганатом органические вещества в основной массе находятся сорбированными на твердой фазе и в очень небольших концентрациях — в растворенном состоянии.

В стоках обнаружено незначительное количество цианидов, которые полностью разрушаются при прохождении воды через хвостохранилище. Катионы меди и цинка, определяемые в профильтрованной воде, содержатся в ничтожно малых количествах.

* Единица измерения — кубический метр

Характеристика сточных вод другой медно-никелевой
флотационной обогатительной фабрики

Показатели	Сливы со сгустителей перечистки	Фильтрат вакуум-фильтров	Хвостовые стоки после флотации		
			I секция	II секция	промежуточные продукты
Цвет	Желтоватый	Желто-зеленоватый	Желтоватый		
Запах	Ксантогенатов		Ксантогенатов дитиофосфатов	Затхлый	Ксантогенатов и дитиофосфатов
Прозрачность, см	0,5	0,8	0	0	0
pH	8,4	8,1	9,5	9,4	9,4
Щелочность, мг-экв/л	8,5	8,5	13,8	13,4	11,8
Грубодисперсные примеси, мг/л:					
общие	1030	1800	162 700	198 400	91 300
прокаленные	1030	1650	152 100	148 100	87 900
потеря при прокаливании	0	150	10 600	50 300	3 400
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	0,15	0,98	37	29,4	33,6
Сухой остаток, мг/л:					
общий	880	1540	1230	1220	1220
прокаленный	610	1200	940	1100	930
потеря при прокаливании	270	340	290	120	290
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	140	140	100,9	100,9	68,8
Сульфаты SO_4^{2-} :					
мг/л	540	650	330	340	370
мг-экв/л	11,2	13,5	6,8	6,9	7,9
Карбонаты CO_3^{2-} :					
мг/л	18	Сл.	186	180	150
мг-экв/л	0,6	—	6,2	6,0	5,0
Бикарбонаты HCO_3^- :					
мг/л	482	519	463,6	451,4	414,8
мг-экв/л	7,9	8,5	7,6	7,4	6,8
Железо общее Fe, мг/л	23,5	0,24	0,22	Сл.	0,16
Медь Cu^{2+} , мг/л в воде:					
отстоенной	3,65	1,14	0,21	0,24	0,19
фильтрованной	2,94	0,03	0,05	0,03	0,11
Никель Ni^{2+} , мг/л в воде:					
отстоенной	40	2,94	0,125	—	—
фильтрованной	40	2,24	0,05	0,94	0,06
Кобальт Co^{2+} , мг/л в воде:					
отстоенной	0,054	0,016	0,006	0,015	0,027
фильтрованной	0,051	0,007	0	0	0,01
Ксантогенаты, мг/л	0,25	0,28	0,21	0,18	0,18

Характеристика сточных вод медно-рудных флотационных обогатительных фабрик *

Показатели	Сливы со стусигителей концентрата			Общий сток фабрик		Снижение количества загрязнений при прохождении через хвостохранилища, %
	медного		цинкового	до хвостохранилища	после хвостохранилища	
	Черноватый	Бесцветный				
Цвет	Черноватый	Бесцветный	Черный	Почти черный	Бесцветный	Осветление
Запах	Флотореагентов (слабый)	Флотореагентов (слабый)	Флотореагентов	Флотореагентов	Флого-реагентов (слабый)	Ослабление
Прозрачность, см	6,3	14	0	0	20	Осветление
pH	11,1	11,6	11,7	11,5	11,2	—
Щелочность, мг-экв/л	3,8	39,5	32,5	29	21	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:						
общие	124	34	55 970	44 250	20	99,9
прокаленные	124	25	43 390	34 690	6	—
потеря при прокаливании	0	9	12 580	9 560	14	—
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	Сл.	0	10,2	8	—	100
Сухой остаток, мг/л:						
общий	1100	2300	2180	1950	1580	19
прокаленный	860	1640	1620	1370	1460	—
потеря при прокаливании	240	660	560	580	120	—
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:						
натуральной	7440	23 300	732 200	33 280	—	—
отстойной	80	96	106	101	—	—
фильпрованной	—	—	—	—	—	—
Кальций Ca^{2+} :						
мг/л	288	1042	780	684	400	23
мг-экв/л	14,4	52,1	39	34,2	20	—

* Приведены средние данные.

Показатели	Сливы со ступенчатей концентрата				Общий сток фабрик		Снижение количества загрязнений при прохождении через хвостохранилища, %
	медного		цинкового	пиритного	до хвостохранилища	после хвостохранилища	
	медного	цинкового					
Хлориды Cl^- :							
мг/л	23	23	85	24,1	17	30	
мг-экв/л	0,7	0,7	2,4	0,7	0,5	—	
Сульфаты SO_4^{2-} :							
мг/л	403	132	268	264	400	Увеличение	
мг-экв/л	8,4	2,7	5,6	5,5	8,4	—	
Цианиды общие CN^- , мг/л	3,2	0,7	0,16	0,73	0	100	
Железо общее Fe в отстоенной воде, мг/л	0,3	0,3	0,3	0,35	0,1	71,5	
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:							
отстоенной	2,8	0,7	0,1	0,67	0,8	—	
фильтрованной	2,2	0,1	0,1	0,43	0,15	66	
Цинк Zn^{2+} , мг/л, в воде:							
отстоенной	—	2,6	3,5	—	0,8	—	
фильтрованной	1,1	2,6	2,1	2,3	0,4	83	
Пиридин, мг/л	0,02	0,03	—	0,02	0,02	0	
Ксантогенаты, мг/л	2,6	0,3	1,5	1,6	0,8	50	
Расход воды, м ³ /сутки	7350	500	19 400	32 000	35 000	—	

Концентрация имеющихся в сточных водах ксантогенатов при прохождении через хвостохранилище уменьшается вдвое.

Более подробные анализы сточных вод отдельных фабрик приведены в приложении I (см. табл. I-26—I-29).

*Сточные воды медно-молибденовых
обогащительных фабрик*

Применяемые при обогащении медно-молибденовых руд флотореагенты приведены в табл. 14.

Т а б л и ц а 14

**Перечень и расход флотореагентов, применяемых
при флотационном обогащении медно-молибденовых руд**

Флотореагенты	Расход, кг на 1 т перерабатываемой руды для одной фабрики			Расход, кг/сутки, для другой фабрики
	минимальный	максимальный	средний	
Керосин	—	—	—	140—390
Машинное масло	—	—	—	390
Пиридин	0,1	0,4	0,25	—
Скипидар	—	—	—	550
Терпинеол	—	—	—	140
Ксантогенат бутиловый	0,1	0,4	0,25	110—133
Жидкое стекло	—	—	—	2,6—20,3
Сернистый натрий	0,1	1	0,55	54,8—140
Известь	0,5	1,5	1	1000
Кальцинированная сода	—	—	—	2000—2023
Вода	—	—	—	6100 *

* Единица измерения кубический метр в сутки.

Соответственно используемым флотореагентам характеристика сточных вод нескольких обогащительных фабрик приведена в табл. 15.

Из данных табл. 15 видно, что основными загрязнениями сточных вод являются грубодисперсные примеси, нефтепродукты и ксантогенаты. Концентрация меди и свинца при фильтровании воды резко уменьшается, что указывает на содержание их в трудно-растворимых соединениях. В сливах со сгустителей обнаружены сульфиды.

В приложении I (см. табл. I-30 и I-31) приведены более подробные анализы сточных вод указанных фабрик.

Характеристика сточных вод медно-молибденовых флотационных обогатительных фабрик *

Компоненты	Сливы со спускителей концентрата		Хвостовой сток после основной флотации	Общий сток фабрики		Снижение количества загрязнений при прохождении через хвостохранилище, %
	Молибденового	медного		до хвостохранилища	после хвостохранилища	
Запах	Ксантогенатов (слабый)	Ксантогенатов	Керосина	Ксантогенатов (слабый)		—
Прозрачность, см	3,5	0	0	0	0	—
pH	8,2—12	12,1	8,3—10	10,1	10,1	—
Щелочность, мг-экв/л	8,2—17	11,4	2,8—9,8	9,8	10	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:						
общие	570	2200	183 000—300 000	171 700	16 000	81
прокаленные	560	860	173 000	159 400	14 800	—
потеря при прокаливании	10	1340	10 000	12 300	1 200	—
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	—	—	—	21	11	48
Сухой остаток, мг/л:						
общий	13 200	10 340	316—660	1170	1540	Увеличение
прокаленный	12 600	9 960	220—490	750	1060	—
потеря при прокаливании	600	380	96—170	420	480	—

* Средние данные.

Компоненты	Сливы со ступителей концентрата	
	Моллибдено- вого	Медного
Окисляемость по KMnO_4 , мг O на 1 л:		
на холоду	1264	1520
при кипячении	1860	1640
Сероводород H_2S в отстоенной воде, мг/л	1660	230
Хлориды Cl^- :		
мг/л	384	—
мг-экв/л	10	—
Сульфаты SO_4^{2-} :		
мг/л	30,8—593	53
мг-экв/л	0,64—12,3	1,1
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	374	10—16
Медь Cu^{2+} , мг/л в воде:		
отстоенной	—	—
фильтрованной	—	—
Свинец Pb^{2+} , мг/л, в воде:		
отстоенной	—	—
фильтрованной	—	—
Нефтепродукты, мг/л	—	—
Ксантогенаты, мг/л	1	0,7—80
Расход воды, м ³ /сутки	120	60

Продолжение табл. 15

Хвостовой сток после основной молибденовой флотации	Общий сток фабрики		Снижение количества загрязнений при прохождении через хвостохранилища, %
	до хвостохранилища	после хвостохранилища	
9,6	48,8	45,6	7
23,8	62,9	56,7	18
0	0	0	—
8	—	—	—
0,22	—	—	—
29,6—64,2	25,2	40,6	Увеличение
0,62—1,34	0,53	0,48	—
10	14	14	—
66	66,6	46,5	30
1,3—1,8	1,8	—	—
13	12	7	42
0,88—0,05	0,03	0,03	—
16—30	16	7,6	52,5
1—4,7	0,5	0,35	30
6000—24 000	6200	6200	—

Сточные воды медно-вольфрамовых обогатительных фабрик

При флотационном обогащении медно-вольфрамовых руд применяют флотореагенты, перечень и расход которых приведены ниже:

Флотореагент	Расход, кг на 1 т перераба- тываемой руды
Акрилсульфонат натрия	0,0002
Керосин	0,06
Ксантогенаты	0,1
Флотомасло или терпинеол	0,04
Олеиновая кислота	0,12
Жидкое стекло	1,7
Сернистый натрий	0,2
Кальцинированная сода	1,1
Соляная кислота	1,1
Вода	2400—2500*

Соответственно используемым флотореагентам, как следует из данных табл. 16, основными загрязнителями сточных вод, кроме грубодисперсных примесей, являются органические флотореагенты: керосин, ксантогенат, терпинеол, олеиновая кислота и выщелачиваемые соляной кислотой при низких значениях рН соли тяжелых металлов—медь и свинец.

Сточные воды вольфрамовых обогатительных фабрик

При флотационном обогащении шеелитовых (вольфрамсодержащих) руд применяют флотореагенты, перечень и расход которых указаны ниже:

Флотореагент	Расход, кг на 1 т перераба- тываемой руды
Керосин	0,16—0,8
Олеиновая кислота	0,16—0,8
Жидкое стекло	24
Сернистый натрий	4,8—5,6
Кальцинированная сода	11,4
Вода	1000—1100 ¹

Кроме того, полученные при флотационном обогащении руд концентраты, содержащие молибден, на вольфрамовых доводочных фабриках подвергают дополнительному флотационному обогащению.

При флотационном обогащении вольфрамого концентрата применяют кальцинированную соду (10 кг/сутки), жидкое стекло (3,5 кг/сутки); керосин (6 кг/сутки), сернистый натрий (15 кг/сутки), ксантогенат (6 кг/сутки), сосновое масло (5 кг/сутки).

* Единица измерения — кубический метр

**Характеристика сточных вод медно-вольфрамовых
флотационных обогатительных фабрик**

Показатели	Сток после доводки концентрата	Маточный раствор после выщелачивания концентрата	Слив из отстойника медного концентрата	Общий сток после флотации
Цвет	Беловатый	Темно-синий	Желто-зеленый	Желтоватый
Запах	Ксантогенатов	Без запаха	Ксантогенатов	Терпинеола и ксантогенатов
pH	1,2	0,05	8,7	8,4
Кислотность, мг-экв/л	75,4	1390	—	—
Щелочность, мг-экв/л	—	—	41,6	11,2
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	108	306	118	415 300
прокаленные	90	150	116	403 000
потеря при прокаливании	18	156	2	12 300
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	—	—	—	19,4
Сухой остаток, мг/л:				
общий	6700	221 600	4100	2000
прокаленный	3800	145 900	3600	1700
потеря при прокаливании	2800	75 700	500	300
Окисляемость по KMnO_4 , мг O на 1 л в воде:				
отстойной	33,7	—	1166	94,1
фильтрованной	—	—	—	31,4
Хлориды Cl^- :				
мг/л	3800	121 000	—	60
мг-экв/л	107	3408	—	1,7
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:				
натуральной	12,5	416,7	2,7	100
фильтрованной	11,5	416,7	2,3	0,3
Свинец Pb^{2+} в натуральной воде, мг/л	9	36	5	16
Мышьяк As, мг/л, в воде:				
натуральной	0,06	20	50	1,35
фильтрованной	0,04	20	25	0
Керосин, мг/л	—	—	—	15
Терпинеол, мг/л	—	—	—	10
Олеиновая кислота, мг/л	—	—	—	15
Ксантогенаты, мг/л	0	0	88	1,3
Расход воды, м ³ /сутки	30—40	1—2	30—50	2400—2500

**Характеристика сточных вод вольфрамовой
флотационной обогатительной фабрики**

Компоненты	Маточный раствор после выщелачивания шеелита	Общий сток		Снижение количества загрязнений при прохождении через хвостохранилище, %
		до хвостохранилища	после хвостохранилища	
Цвет		Желтый		—
Запах	Сероводорода (слабый)	Керосина	Керосина (слабый)	—
Прозрачность, см	0	0	0	—
pH	0,05	10	9,7	—
Кислотность, мг-экв/л	420	—	—	—
Щелочность, мг-экв/л	—	15,4	11,8	23
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	0	250 000	12 500	95
прокаленные	—	240 000	11 000	—
потеря при прокаливании	—	10 000	1 500	—
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	—	19	—	—
Сухой остаток, мг/л:				
общий	—	2510	2540	—
прокаленный	—	1960	2010	—
потеря при прокаливании	—	550	530	—
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л в воде:				
отстойной	—	216	128	41
фильтрованной	—	104	62,4	40
Хлориды Cl^- :				
мг/л	196 100	56,6	42,4	25
мг-экв/л	5530	1,6	1,2	—
Медь Cu^{2+} , мг/л в воде:				
натуральной	42	13,9	10	28
фильтрованной	40	0,34	0,33	3
Свинец Pb^{2+} в отстойной воде, мг/л	12	8	5	37,5
Мышьяк As, мг/л в воде:				
натуральной	0,5	0,2	0,15	25
фильтрованной	0,5	0,02	0	100
Керосин, мг/л	—	25—50	10—20	60
Терпинеол, мг/л	—	25—50	10—20	60
Расход воды, м ³ /сутки	20	1000—1100	1000—1100	—

При флотационном обогащении молибденового концентрата применяют жидкое стекло (100 кг/сутки), сернистый натрий (23,4 кг/сутки), сосновое масло (4 кг/сутки), серную кислоту (15—20 кг/сутки), едкий натр (50—70 кг/сутки). На оба флотационных процесса расходуют 140 м³/сутки воды.

Соответственно и состав сбрасываемых сточных вод зависит от применяемых флотореагентов. В табл. 17 приведена характеристика сточных вод флотационной вольфрамовой обогатительной фабрики, а в табл. 18 — характеристика сточных вод от флотационного обогащения вольфрамового концентрата.

Основными загрязнениями сточных вод являются флотореагенты (керосин, терпинеол) и хлориды металлов в тех случаях, когда рН сточных вод менее 7.

Более подробные данные о сточных водах некоторых фабрик приведены в приложении I (см. табл. I-32—I-34) [12].

На доводочных фабриках осуществляют гравитационное обогащение шеелитовых руд, которое сопровождается операциями

Таблица 18

Химический состав сточных вод, образующихся при флотационном обогащении вольфрамового концентрата

Компоненты	Слив со ступи-теля	Общий сток цеха	Компоненты	Слив со ступи-теля	Общий сток цеха
Цвет	Грязно-желтый	Темно-серый	Сульфаты SO ₄ ²⁻ :	—	1150
Запах	Нефтепродуктов		мг/л	—	24
Прозрачность, см	0	0	мг-экв/л	—	
рН	9,4	7	Железо, мг/л:		
Щелочность, мг-экв/л	26,4	2,1	общее	0	8
Грубодисперсные примеси, мг/л:			закисное	0	5,5
общие	2260	412	окисное	0	2,5
прокаленные	1950	268	Медь Cu ²⁺ , мг/л,		
потеря при прокаливании	310	144	в воде:		
Сухой остаток, мг/л:			натуральной	—	11
общий	4480	4880	отстойной	—	2
прокаленный	3730	4490	Свинец Pb ²⁺ , мг/л,		
потеря при прокаливании	750	390	в воде:		
Окисляемость по КМпО ₄ , мг О на 1 л:			натуральной	—	5,2
на холоду	106	96	отстойной	—	1,5
при кипячении	208	216	Мышьяк As, мг/л,		
Хлориды Cl ⁻ :			в воде:		
мг/л	56,2	1685	натуральной	—	14,8
мг-экв/л	1,7	47,7	отстойной	—	8,4
			Нефтепродукты, мг/л	—	85
			Ксантогенаты, мг/л	—	4,5
			Расход воды, м ³ /сутки	2—3	60—80

Характеристика сточных вод вольфрамовой доводочной фабрики

Показатели	Сульфидный сток вольфрамовой секции	Общий сток	
		вольфрамовой секции	фабрики
Температура, °С	12	12—13	12—13
Цвет	Желтый		Серый
Запах	Ксантогенатов	Неопределенный	Терпинеола (слабый)
Прозрачность, см	0	0	0
pH	7,2	7,4	7,6
Щелочность общая, мг-экв/л	0,9	1,7	1,8
Грубодисперсные примеси, мг/л:			
общие	490	18 620	50 730
прокаленные	410	18 550	50 230
потеря при прокаливании	80	70	500
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	—	4,8	13,2
Сухой остаток, мг/л:			
общий	75	120	140
прокаленный	50	100	130
потеря при прокаливании	25	20	10
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:			
натуральной	19,3	160	420
отстоянной	7,4	4,1	15
фильтрованной	6,4	3,1	13,6
Сероводород H_2S , мг/л	0	0	0
Кальций Ca^{2+} :			
мг/л	15,7	—	—
мг-экв/л	0,78	—	—
Магний Mg^{2+} :			
мг/л	2,4	—	—
мг-экв/л	0,2	—	—
Хлориды Cl^- :			
мг/л	4,6	7,9	8,3
мг-экв/л	0,13	0,22	0,23
Сульфаты SO_4^{2-} :			
мг/л	26,7	—	—
мг-экв/л	0,54	—	—
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,03	0,05	0,06
Свинец Pb^{2+} , мг/л	<0,05	<0,05	<0,05
Мышьяк As, мг/л	0	0	0
Вещества, экстрагируемые эфиром, мг/л	30,3	20	43,3
Ксантогенаты, мг/л	0,08	0	0,03
Расход воды, м ³ /сутки	—	6900	—

флотационных перечисток с применением таких флотореагентов, как керосин или терпинеол и ксантогенат. Их попадание в общий сток гравитационной фабрики не дает возможности определить состав стоков собственно гравитации, хотя из $6900 \text{ м}^3/\text{сутки}$ общего стока количество флотационных перечисток не превышает $200 \text{ м}^3/\text{сутки}$, что составляет примерно 3% всего расхода сточных вод.

Из данных табл. 19 видно, что сточные воды обычно загрязнены грубодисперсными примесями, концентрация которых достигает 51 г/л . При этом основная масса их — минерального происхождения, так как потеря при прокаливании составляет лишь $0,6 \text{ г/л}$. Вода чрезвычайно мутная, серого цвета, имеет $\text{pH} \approx 7,5$. Количество сухого остатка общего относительно невелико и обусловлено главным образом содержанием в воде кальция и сульфатов. За счет флотореагентов, применяемых при перечистке концентратов, вода загрязнена терпинеолом и ксантогенатом.

Сточные воды молибдено-вольфрамовых обогатительных фабрик

При флотационном обогащении молибдено-вольфрамовых руд применяют флотореагенты, перечень и расход которых указаны в табл. 20. Приведенные в ней расходы флотореагентов различны для разных обогатительных фабрик и изменяются в процессе флотации на каждой фабрике в отдельности.

Таблица 20

Перечень и расход флотореагентов, применяемых при флотационном обогащении молибдено-вольфрамовых руд

Флотореагент	Расход, кг на 1 т перерабатываемой руды на фабрике				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Керосин	0,15	0,1	0,043	0,05	0,12
Терпинеол	0,06— 0,08	0,001	0,022	0,02	0,025
Дитиофосфаты	—	—	0,11	—	—
Ксантогенаты	0,4	0,001	—	—	—
Олеиновая кислота	—	0,086	0,067	0,083	0,05
Жидкое стекло	—	0,83	0,01	0,1	1,0
Сернистый натрий	0,5—0,6	0,25	0,03	0,03	1,2
Циан-плав	—	0,008	—	—	—
Кальцинированная сода	—	0,73	—	0,5	0,2
Соляная кислота	—	—	1,4	—	0,82
Вода	—	8900 *	900— 1000 *	450— 500 *	1200— 1300 *

* Единица измерения кубический метр в сутки.

Характеристика сточных вод флотационных молибдено-вольфрамовых обогатительных фабрик *

Компоненты	Сливы со ступеней концентрата			Общий сток секции		Общий сток		Снижение количества загрязнений при прохождении через хвостохранилище, %
	вольфрамового	молибденового	медного	молибденовой	вольфрамовой	до хвостохранилища	после хвостохранилища	
Цвет	Серый	—	—	Серый	Серый	Серый или желтый	—	—
Запах	Керосина	Флотореагентов	—	Терпинеола	Неопреленный	Терпинеола или керосина	—	—
Прозрачность, см	0	0	3,5	0	0	0	2,1	—
pH	9,8—12,1	9,4—10,9	11,8	7,8	9,5	9,4	9,4	—
Щелочность, мг-экв/л	9—30	4,5—36,4	130	2,4	6,1	7,4	5,4	30
Грубодисперсные примеси, мг/л:								
общие	15 700	3400	250	323 170	59 000	189 000	54 300	70
прокаленные	13 900	3200	200	317 690	57 960	180 030	46 140	—
потеря при прокаливании	1 800	200	50	5 480	1 040	8 970	8 160	—
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	0,06	0,08	—	60	24	18,5	0	100
Сухой остаток, мг/л:								
общий	1070—4300	1180—9040	9870	412	2880	1311	921	30
прокаленный	990—3710	930—8690	8850	352	2640	1049	791	—
потеря при прокаливании	80—580	150—350	1020	60	240	262	130	—

* Средние данные.

Компоненты	Сливы со стусителей концентрата			Общий сток секции		Общий сток		Снижение количества загрязнений при прохождении через хвостохранилище, %
	вольфрамового	молибденового	медного	молибденовой	вольфрамовой	до хвостохранилища	после хвостохранилища	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:								
отстоенной	56,1	31,5	—	31,4	36,3	128,3	111	13
фильтрованной	—	—	—	21,9	3,1	44,3	25,1	44
Хлориды Cl^- :								
мг/л	300	2900	33	7,4	31	79	110,8	—
мг-экв/л	8,45	81,7	0,93	0,21	0,87	2,3	3,1	—
Сульфаты SO_4^{2-} :								
мг/л	59	125	92	—	75	69	136	—
мг-экв/л	1,06	2,6	2	—	1,6	1,4	2,8	—
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	275	1026	76	—	270	256	201	20
Цианиды общие CN, мг/л, в воде:								
отстоенной	0,3	19,4	2,7	—	—	0,6	0,3	50
фильтрованной	—	14,4	—	—	1,8	—	—	—
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:								
натуральной	—	—	—	—	—	—	—	—
отстоенной	5,6	65,6	5,9	—	4,6	4,3	2,4	44
Мышьяк As, мг/л, в воде:								
отстоенной	0,3	0,9	—	—	—	0,27	0,25	6
фильтрованной	—	—	—	—	1,2	—	—	—
Нефтепродукты, мг/л	15—200	38—66	78	—	—	0,6	0,2	67
Терпинеол, мг/л	—	—	—	0	—	0,29	0,17	42
Ксантогенаты, мг/л	0,3—54,2	0,3—25,8	433	250	103	29,2	14,8	50
Расход воды, м ³ /сутки	50	110	20	—	—	5	3	40
				204	86,2	5	2	60
				—	7810	—	—	—

В табл. 21 представлена характеристика сточных вод молибдено-вольфрамовых обогатительных фабрик [13]. Более подробные сведения, соответствующие применяемым флотореагентам, указаны в приложении I (см. табл. I-35—I-40).

Как можно видеть из приведенных данных, основными загрязнителями сточных вод молибдено-вольфрамовых обогатительных фабрик являются грубодисперсные примеси минерального происхождения, так как потеря при прокаливании составляет только 4,5% общего количества. При прохождении через хвостохранилище концентрация примесей в общем стоке снижается лишь на 70%, т. е. вода осветляется плохо и прозрачность повышается лишь до 2,1 см.

Сухой остаток общий также минерального происхождения, потеря при прокаливании составляет 8%. Концентрация хлоридов и сульфатов относительно невелика, но концентрация солей кремневой кислоты весьма значительна (~300 мг/л) за счет применяемого в качестве флотореагента жидкого стекла. Цианиды, медь и мышьяк содержатся в незначительных количествах. Весьма существенным загрязнением являются используемые при флотации органические реагенты: нефтепродукты, терпинеол, ксантогенат (или дитиофосфат), которые повышают окисляемость воды более чем до 100 мг/л O.

Сточные воды оловянных обогатительных фабрик

Оловянные руды обогащают только по гравитационным методам без применения каких-либо флотореагентов. Однако оловянные концентраты обогащают дополнительно по флотогравитационным методам на специальных доводочных фабриках.

Перечень и расход применяемых при этом флотореагентов приведены ниже:

Флотореагент	Расход, кг на 1 т перераба- тываемой руды
Нефтепродукты (керосин)	0,2—3,1
Ксантогенаты	0,6—1,3
Олеиновая кислота	1,8
Жидкое стекло	5
Серная кислота	3—5,5
Кальцинированная сода	6
Вода	650—940*

Соответственно характеристика сточных вод флотогравитационного обогащения, загрязненных нефтепродуктами, серной или соляной кислотами и грубодисперсными примесями, приведена в табл. 22.

* Единица измерения — кубический метр.

**Характеристика сточных вод флотогравитационного обогащения
оловянного концентрата***

Показатели	Дренаж фабрики		Слив с 15-м ступи- стителя
	старой	новой	
Цвет	Желто- бурый	Темно-бурый	
Запах		Нефтепродуктов	
Прозрачность, см	0,5	0	0
pH	5,7	5,8	6,0
Щелочность, мг-экв/л	0,15	0,32	0,16
Грубодисперсные примеси, мг/л:			
общие	550	27 730	1450
прокаленные	240	24 230	1030
потеря при прокаливании	110	3 500	320
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	0,5	5,6	0,2
Сухой остаток, мг/л:			
общий	3300	14 860	3000
прокаленный	2540	13 000	2520
потеря при прокаливании	760	1 860	480
Окисляемость по КМпО ₄ , мг О на 1 л, в воде:			
натуральной	64	128	64
фильтрованной	22,6	23,7	25,1
Медь Сu ²⁺ , мг/л	10	0,1—10	0—8,3
Свинец Pb ²⁺ , мг/л	0,1	0,05—0,6	0,2—0,6
Мышьяк As, мг/л	0,014	0,033	0,012
Ксантогенаты, мг/л	0,02		
Нефтепродукты, мг/л	20	12—17	7,6—9,7
Расход воды, м ³ /сутки	50—70	600—865	

* Приведены средние данные.

Сточные воды титано-магниевого обогатительных фабрик

При флотационном обогащении титано-магниевого руд применяют флотореагенты, перечень и расход которых указаны ниже:

Флотореагент	Расход, кг/ч
Керосин	52,2
Галловое масло	52,2
Флотомасло	7,6
Ксантогенаты	1,2
Фтористый натрий	7,6
Серная кислота	11,2
Вода	975*

В соответствии с используемыми при обогащении флотореагентами сточные воды загрязняются, кроме грубодисперсных примесей,

* Единица измерения — кубический метр.

Характеристика сточных вод титано-магневых флюационных обогащительных фабрик

Показатели	Сливы со ступенчатей										Хвостовые стоки		Общий сток	
	титанового продукта	промежуточного продукта	та ильменитовой флюатин	конечного ильменитового концентрата	гравитационного флюатера	после обезжелезивания концентрата	гидроциклона и флюатин	после флюатинирования	после флюатинирования	после флюатинирования	после флюатинирования	после флюатинирования	после флюатинирования	после флюатинирования
Прозрачность, см	3,5	11	16,2	3,3	3,8	3,9	6	3	2,5	7,5	7,5	2,5	7,5	7,5
pH	7,6	7	7,1	7,5	7,6	7,6	7,3	7,2	7,4	7,7	7,7	7,4	7,7	7,7
Щелочность, мг-экв/л	1,8	0,9	1,2	1,75	1,85	1,8	1,5	1,4	2	1,8	1,8	2	1,8	1,8
Грубодисперсные примеси, мг/л:														
общие	11 092	540	552	36 008	18 984	4464	1736	15 976	3880	52	52	3880	52	52
прокаленные	10 664	480	496	34 640	17 992	4136	1644	14 440	3472	4	4	3472	4	4
потеря при прокаливании	528	80	56	1 368	992	328	92	1 536	408	48	48	408	48	48
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	2,3	3,4	0,06	7,8	3	0,74	13,2	13,8	0,75	0,04	0,04	0,75	0,04	0,04
Сухой остаток, мг/л:														
общий	224	292	214	190	210	144	204	324	190	198	198	190	198	198
прокаленный	90	240	144	110	72	64	164	224	116	114	114	116	114	114
потеря при прокаливании	134	52	70	80	138	80	40	100	74	84	84	74	84	84
Окисляемость по КМnO ₄ , мг O на 1 л, в воде:														
отстоенной	3,8	35,2	18,4	4,8	4,5	10,9	40	41,6	14,7	18	18	14,7	18	18
филтрованной	3,8	35,2	18,4	4,2	2,9	9,6	40	39,2	13,8	12,8	12,8	13,8	12,8	12,8
Сульфаты SO ₄ ²⁻ :														
мг/л	25,5	106	74,1	52,7	32,1	33,7	55,1	100,4	37	53,5	53,5	37	53,5	53,5
мг-экв/л	0,53	2,21	1,54	1,1	0,67	0,7	1,15	2,1	0,77	1,1	1,1	0,77	1,1	1,1
Фториды F ⁻ , мг/л	0,4	30	20	0,2	0,6	0,4	20	30	7	10	10	7	10	10
Железо Fe, общее, мг/л	0,5	0,55	1,2	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6

Продолжение табл. 23

Показатели	Сливы со ступеней								Общий сток	
	продукта титанового	продукта промежуточ ного продук та ильменит овой флюо тация	конечного ильменито вого концен тра	гидравличес кого классифи катора	после обез железивания магнитного концентра	гидравличес кого классифи катора	конечного ильменито вого концен тра	после основ ной ильме нитовой флотации	после флюо тации про межуточное продукта	до хвостохранилища
Нефтепродукты, мг/л	0	7,5	5	0	0	0,5	5	4	1	2,5
Крезол, мг/л	0	9,96	2,9	0	0	1,26	11	10,2	1,7	2,5
Расход воды, м ³ /сутки	7630	2760	6340	1330	1090	360	2400	1130	23 380	23 380

фторидами, нефтепродуктами и крезолами (от флотомасла). Характеристика сточных вод, образующихся при флотационном обогащении титаномагневых руд, приведена в табл. 23.

В отличие от рассмотренных ранее сточных вод других обогащительных фабрик в стоках титаномагневой флотации появляется новый загрязняющий компонент — фториды, обусловленный применением в качестве одного из флотореагентов фтористого натрия. Кроме этого, в сточных водах содержатся органические флотореагенты — керосин (нефтепродукты) и крезол, попадающий в них с крезоловым флотомаслом и талловым маслом, также содержащим крезол. Свойственные сточным водам свинцово-цинковых обогащительных фабрик цианиды и жидкое стекло, применяемое при флотации молибдено-вольфрамовых руд, не имеют места. Вследствие этого в сточных водах не образуется коллоидная система и они в хвостохранилище, несмотря на относительно невысокое значение рН, хорошо осветляются. Прозрачность воды увеличивается с 2,5 до 7,5 см (см. табл. 23), концентрация грубодисперсных примесей снижается с 4000 до 50 мг/л. Сухой остаток общий всех сточных вод не превышает 200—300 мг/л, что указывает на его минеральное происхождение, обусловленное в основном сульфатами (до 100 мг/л SO₄²⁻), которые попадают в сточные воды с флотореагентом — серной кислотой, поэтому потеря при прокаливании незначительная.

Сточные воды обогащения сурьмы

При флотационном обогащении сурьмяных руд применяют флотомасло в количестве 0,1 кг и сланцевую смолу в количестве 0,6 кг на 1 т

перерабатываемой руды. При этом образуются сточные воды, состав которых приведен в табл. 24.

Таблица 24

Характеристика сточных вод флотационного обогащения сурьмяных руд

Компоненты	Хвостовые стоки после флотации		Снижение количества загрязнений при прохождении через хвостохранилище, %
	до хвостохранилища	после хвостохранилища	
Цвет	Серый		—
Запах	Флотореагентов		—
pH	6,5	7,0	—
Щелочность, мг-экв/л	1	1,7	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:			
общие	166 900	835	99,5
прокаленные	164 800	791	—
потеря при прокаливании	2 100	44	—
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	36	0	100
Сухой остаток, мг/л:			
общий	—	196	—
прокаленный	—	36	—
потеря при прокаливании	—	160	—
Окисляемость по КМп O ₄ , мгО на 1 л	49,4	43,0	13
Медь Cu ²⁺ , мг/л	0,05	0,05	0
Свинец Pb ²⁺ , мг/л	0,6	0,6	0
Мышьяк As, мг/л	0,09	0,07	22
Фенол, мг/л	1,04	0,2	81
Расход воды, м ³ /сутки	1000	—	—

Хвостовые сточные воды флотационного обогащения сурьмяных руд загрязнены главным образом грубодисперсными примесями и фенолом, попадающим в сточные воды с применяемыми флотореагентами. Окисляемость воды довольно высокая, так же как и ее сухой остаток общий. В растворе содержатся медь, свинец и мышьяк в небольших количествах.

Сточные воды флюоритно-баритовых обогатительных фабрик

Характеристика сбрасываемых сточных вод дана в табл. 25, а перечень и расход флотореагентов, применяемых при флотационном обогащении флюоритно-баритовых руд, приведены ниже:

Флотореагент	Расход, кг на 1 т перерабатываемой руды
Уайтспирит	0,074
Оленовая кислота	0,37
Жидкое стекло	1,75
Сернистый натрий	0,31
Кальцинированная сода	1,1
Вода	1186*

* Единица измерения — кубический метр в сутки.

Из приведенных выше данных видно, что, помимо грубодисперсных примесей, концентрация которых при прохождении через хвостохранилище снижается на 79%, сточные воды загрязнены сульфидами (в качестве флотореагента применяют до 0,31 кг на 1 т

Т а б л и ц а 25

**Характеристика сточных вод флотационного обогащения
флюоритно-баритовых руд**

Показатели	Сливы со сгустительного концентрата	Отвальные хвостовые стоки фабрики	Общий сток после хвостохранилища перед сбросом в водоем
Цвет	Бесцветный	Мутно-желтый	
Запах	Без запаха	Флотореагентов	
Прозрачность, см	0,3	0	0
pH	7,5	8,7	8,4
Щелочность, мг-экв/л	4,7	6,5	4,8
Грубодисперсные примеси, мг/л:			
общие	490	92 010	19 730
прокаленные	414	89 860	18 960
потеря при прокаливании	76	2 150	770
Сухой остаток, мг/л:			
общий	436	1 180	840
прокаленный	288	960	665
потеря при прокаливании	148	220	175
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в фильтрованной воде	2	14,6	4,7
Сероводород H_2S , мг/л	1,9	27,5	3,9
Хлориды Cl^- :			
мг/л	10,5	17,1	14,3
мг-экв/л	0,3	0,48	0,4
Сульфаты SO_4^{2-} :			
мг/л	79,1	117,9	97,1
мг-экв/л	1,65	2,47	2,02
Фториды F^- , мг/л	2,3	20	16
Железо общее Fe, мг/л	0,06	0,35	0,1
Уайт-спирит, мг/л	11,2	30,4	25,6
Расход воды, м ³ /сутки	1105	120	1225

перерабатываемой руды сернистого натрия), фторидами (выщелачиваются из руды) и органическими флотореагентами (олеиновая кислота и уайтспирит). При прохождении через хвостохранилище концентрация сульфидов снижается на 86%, фторидов на 20%, олеиновой кислоты и уайтспирита на 19%.

Сточные воды золотоизвлекательных фабрик

При флотационном обогащении золотосодержащих руд и извлечении из них золота применяют флотореагенты, перечень и расход которых указаны ниже:

Флотореагент	Расход, кг на 1 т перераба- тываемой руды
Сосновое масло	0,04
Флотомасло	0,1
Ксантогенаты	0,07—0,2
Сернистый натрий	0,2
Медный купорос	0,04
Кальцинированная сода	0,2

Кроме приведенных флотореагентов, в отдельных операциях на фабриках используют: железный купорос, ртуть, цианистый натрий и уксуснокислый свинец. Следует иметь в виду, что не все перечисленные выше флотореагенты применяют одновременно на всех фабриках. На определенных предприятиях расходуют те или иные флотореагенты в различных сочетаниях, что зависит от принятого технологического процесса.

Характеристика сточных вод, сбрасываемых золотоизвлекательными фабриками, приведена в табл. 26. Более подробные данные о сточных водах представлены в приложении I (см. табл. I-41—I-43).

Из данных табл. 26 видно, что, в отличие от сточных вод других, ранее рассмотренных обогатительных фабрик, сточные воды золотоизвлекательных фабрик, кроме обычных грубодисперсных примесей, цианидов, катионов тяжелых металлов и органических флотореагентов (сосновое масло, ксантогенаты), содержат ртуть и мышьяк.

Гидрометаллургические производства

Сточные воды алюминиевых заводов

Характеристика сточных вод алюминиевых заводов [14], на которых перерабатывают бокситы и нефелины, приведена в табл. 27. В ней помещена характеристика общих стоков, сбрасываемых в водоемы. Более подробные данные о цеховых стоках, а также о сточных водах, сбрасываемых при осуществлении некоторых операций, даны в приложении I (см. табл. I-44—I-47).

Применяемые в процессе производства реагенты (при переработке бокситов) включают: каустическую соду (едкий натр) в количестве 250 кг на 1 т глинозема; известь, 124 кг на 1 т; мазут, 153 кг на 1 т, и воду, 150 м³ на 1 т глинозема.

Из приведенных данных видно, что в сбрасываемых сточных водах практически нет никаких токсичных загрязнений, требую-

Характеристика сточных вод золотоизвлекательных фабрик

Показатели	Сливы со сгустителей	Обеззолоченный раствор	Репульшированный кек	Хвостовые стоки после флотации
Цвет	Желтый		Желто-черный	Желто-серый
Запах	Флото-реагентов	Цианидов		Флото-реагентов
Прозрачность, см	4	>30	0	0
pH	9,5	11	10,5	7,4
Щелочность, мг-экв/л	3,4	11,8	3,3	2
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	450	0	367 400	129 600
прокаленные	368	—	341 500	89 500
потеря при прокаливании	82	—	25 900	40 100
Объем осадка через 2 ч отстаивания, %	2	0	—	36,8
Сухой остаток, мг/л:				
общий	675	3000	1150	840
прокаленный	525	1200	770	705
потеря при прокаливании	150	1800	380	135
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	47	248	6,5	148
Сероводород H_2S , мг/л	0,4	—	7,3	0,7
Хлориды Cl^- :				
мг/л	—	156,7	62,4	—
мг-экв/л	—	4,41	1,76	—
Сульфаты SO_4^{2-} :				
мг/л	—	480,6	243	—
мг-экв/л	—	8,35	5,1	—
Цианиды общие CN, мг/л	—	312	73	1,07
Роданиды CNS^- , мг/л	—	326	68	—
Железо общее Fe, мг/л	0,1	0,2	0,2	0,3
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,034	120	17,5	0,45
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,25	130	17,2	0,69
Цинк Zn^{2+} , мг/л	0,03	200	21,8	5,5
Ртуть Hg, мг/л	0	0,065	9,4	—
Мышьяк As, мг/л	0,1	1	0,8	1,7
Сосновое масло, мг/л	20	—	—	23
Ксантогенаты, мг/л	2,9	—	—	2,5
Расход воды, м ³ /сутки	60—2100	23—100	50—180	60—4600

Характеристика сточных вод общих стоков алюминиевых заводов

Показатели	Переработка бокситов				Переработка нефелинов		
	1-й сток	2-й сток	3-й сток	сток со шламовых полей	1-й сток	2-й сток	сток со шламовых полей
Цвет	Бесцветный	Мутноватый	Бесцветный	Буроватый	Светло-желтый		Коричневый
апах	Без запаха						
прозрачность, см	11,5	4	11	1,5	—	—	—
pH	8,1	10,2	9	12	7,3	7,3	11,2
Щелочность, мг-экв/л:							
общая	2,15	4,5	2,4	115	1,7	2,8	33
гидратная	—	—	—	53	—	—	78
карбонатная	—	2,75	0,25	62	—	—	25,2
бикарбонатная	2,15	1,75	2,15	—	1,7	2,8	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:							
общие	33,2	141,6	50,4	177	27	60	352
прокаленные	20,8	86,4	41,6	157	—	—	—
потеря при прокаливании	12,4	55,2	8,8	20	—	—	—
Сухой остаток, мг/л:							
общий	296	468	350	8065	148	260	2980
прокаленный	176	308	230	6430	72	112	1920
потеря при прокаливании	110	160	120	1635	76	148	1060
Экисляемость по КМпО ₄ , мг О на 1 л альций Са ²⁺ :	5	6,3	5,6	34,8	15,6	20,2	73,7
мг/л	40,7	6,4	40,7	3,6	21,8	37,9	26,1
мг-экв/л	2,03	0,32	2,03	0,18	1,1	1,9	1,3
Магний Mg ²⁺ :							
мг/л	13,1	0,66	14,6	0,87	7,4	4,6	1,53
мг-экв/л	1,1	0,05	1,2	0,07	0,6	0,4	0,11
лориды Cl ⁻ :							
мг/л	25,5	24,5	55,1	55	16,2	15,2	14,2
мг-экв/л	0,72	0,7	1,6	1,58	0,45	0,42	0,4
Сульфаты SO ₄ ²⁻ :							
мг/л	55,9	52,2	62,5	136,1	11,9	20,6	32,5
мг-экв/л	1,16	1,09	1,3	2,83	0,25	0,43	0,68
Бикарбонаты HCO ₃ ⁻ :							
мг/л	—	—	—	—	103,7	160,8	—
мг-экв/л	—	—	—	—	1,7	2,6	—
Кремнекислота SiO ₂ , мг/л	1,5	1,4	2,7	4,5	—	—	—
Фториды F ⁻ , мг/л	—	—	0,02	0,16	—	—	—
Алюминий Al ³⁺ , мг/л	0	20	0	580	0	0	213
Железо общее Fe, мг/л	0,08	0,04	0,08	0,1	0,4	0,4	0,1
Расход воды, м ³ /сутки	52 200	37 385	18 900	3750	23 000	9200	7200

щих специальной очистки, кроме повышенной щелочности и содержания алюминия более 0,5 г/л в стоках со шламовых полей.

Сточные воды цинковых заводов

Наиболее значительными по расходу стоками цинкового завода являются сток из вельц-цеха от тушения клинкера (600—960 м³/сутки) и сток из электролитного цеха (63 000 м³/сутки).

В табл. 28 приведена характеристика рассматриваемых сточных вод, а также общего стока завода. Остальные данные о незначительных по расходу стоках (таких как 1, 10, 50 м³/сутки, обра-

Т а б л и ц а 28

Характеристика некоторых сточных вод цинкового завода

Компоненты	Сток		Общий сток завода
	вельц-цеха, тушение клинкера	электролитного цеха, охлаждение	
Цвет	Слегка серый	Бесцветный	Сероватомутный
Запах	Слабо неопределенный	Без запаха	Неопределенный
Прозрачность, см	12	18	1,5
pH	7,2	6,4	6,5
Щелочность, мг-экв/л	0,75	0,24	0,55
Грубодисперсные примеси, мг/л:			
общие	45	—	496
прокаленные	25	—	264
потеря при прокаливании	20	—	232
Сухой остаток, мг/л:			
общий	363	607	538
прокаленный	305	447	422
потеря при прокаливании	58	160	116
Окисляемость по КМпО ₄ , мг О на 1 л, в воде:			
натуральной	4,6	13	89,1
фильтрованной	2,4	12,7	—
Хлориды Cl ⁻ :			
мг/л	8,7	10,2	28
мг-экв/л	0,25	0,29	0,79
Сульфаты SO ₄ ²⁻ :			
мг/л	204,5	355	295
мг-экв/л	4,26	7,4	6,14
Медь Cu ²⁺ , мг/л	0,1	—	0,3
Свинец Pb ²⁺ , мг/л	0,05	—	0,05
Цинк Zn ²⁺ , мг/л	9	74	48,8
Мышьяк As, мг/л	0,004	0	0
Марганец Mn, мг/л	—	10,5	—
Расход воды, м ³ /сутки	600—960	63 000	7500 *

* Условно чистые охлаждающие воды не включены в общий сток производственных сточных вод, сбрасываемых в промышленную канализацию отдельно.

сываемых при промывке дрoса, дренажные воды при выщелачивании и др.) указаны в табл. I-48 приложения I. Основным загрязнением сточных вод данного производства является цинк (в кислой среде рН ниже 7) и значительное количество сухого остатка общего в результате содержания главным образом сульфатов. Следовательно, в сточных водах находится в растворе в значительных количествах сульфат цинка.

Сточные воды свинцово-цинковых заводов

Характеристика сточных вод свинцово-цинковых заводов представлена в табл. 29. Более подробные данные не только для некоторых цехов, но и для некоторых технологических операций производства приведены в приложении I (см. табл. I-49—I-51).

Из данных табл. 29 видно, что у сточных вод свинцово-цинковых заводов повышенное количество сухого остатка общего (в отдельных случаях достигает 6 г/л), обусловленное главным образом сульфатами.

Загрязняющими компонентами являются цинк и свинец, а в некоторых стоках кадмий. Остальные компоненты: медь, железо, никель, кобальт, мышьяк и сурьма — содержатся в некоторых стоках в незначительных количествах.

Сточные воды гидрометаллургического получения никеля

Характеристика некоторых сточных вод гидрометаллургического получения никеля приведена в табл. 30.

Как следует из данных табл. 30, сточные воды загрязнены солями никеля. При рН более 7 никель находится в виде труднорастворимого карбоната, и при фильтровании такой воды концентрация его, обнаруживаемая в результате анализа, снижается. В сточных водах, рН которых менее 7, никель содержится в растворе в виде сульфата.

Общий сток электролизного и рафинировочного цехов можно было бы отнести к группе условно чистых вод, так как они загрязнены никелем в количестве $\sim 0,3$ мг/л, однако у них значительный сухой остаток общий. Ксантогенат, обнаруженный в общем стоке в количестве 0,18 мг/л, попадает в сточные воды при флотационном разделении файнштейна и доводке никелевых концентратов. При этих операциях в качестве флотореагентов применяют бутиловый ксантогенат (1,2 кг), едкую щелочь (2,2 кг) и фенол (0,032 кг на 1 т продукции). Ксантогенат используют в виде 5%-ного водного раствора, а едкую щелочь — в виде 20—25%-ного раствора.

Сточные воды гидрометаллургического получения кобальта

Сточные воды гидрометаллургического получения кобальта относительно разнообразны по происхождению и физико-химической характеристике. На производстве предусмотрены отделения по

Характеристика некоторых сточных вод свинцово-цинковых заводов

Показатели	Сток			Общий сток завода
	электролитного цеха	цеха выщелачивания	вельц-цеха	
Цвет	Желтоватый		Бесцветный	Мутно-желтоватый
Запах	Без запаха	Ксантогенатов	Без запаха	
pH	7,6	6,5—7,8	7,9	6,4
Щелочность, мг-экв/л	4,2	0,9—6	4,6	2,4
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	50	48	45—110	100—465
прокаленные	35	28	37—80	75—30
потеря при прокаливании	15	20	8—30	25—435
Сухой остаток, мг/л.				
общий	610—2820	2800—6330	600—2500	260—2750
прокаленный	490—1940	2140—5844	470—2100	205—2340
потеря при прокаливании	120—180	660—486	130—400	55—410
Окисляемость по KMnO_4 , мг O на 1 л, в натуральной воде	1,8—80	9,1	2,5—18,6	4,5—10
Хлориды Cl^- :				
мг/л	15—390	60—420	20—400	22—417
мг-экв/л	0,42—11	1,7—11,8	0,56—11,3	0,62—11,7
Сульфаты SO_4^{2-} :				
мг/л	40—970	1110—3025	100—1045	53,7—1275
мг-экв/л	0,82—20,2	23,1—63	2,1—21,8	1,2—26,6
Железо общее Fe, мг/л	1,5	1,2	0,5	5,6
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,21	0,03—1,7	0,8—3	0,21
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,38	0,03—13,2	5,8	0,9
Цинк Zn^{2+} , мг/л	1,3—230	8,1—1966	1,2	4,7
Никель Ni^{2+} , мг/л	0	1,6	—	—
Кобальт Co^{2+} , мг/л	0	1,2	—	—
Кадмий Cd, мг/л	Сл.	30,7	0,11	3,72
Марганец Mn, мг/л	7,1	3,4	—	—
Мышьяк As, мг/л	0,03	0,05	0,04	0,5
Сурьма Sb, мг/л	Сл.	0,16	0,11	—
Расход воды, м ³ /сутки	60—6300	115	85—2700	8000—41 600

Показатели	Сток							
	фильтр-прессов электролиза	вакуум-фильтров электролиза	после промывки катодов и тканей при электролизе	общий сток электролитного и рафинировочного цехов	после разделения файнштейна и фильтрат-фильтр-прессов	после приготвления карбоната никеля и промывки катодов	после промывки готового никеля на складе	
Сульфаты SO_4^{2-} :								
$мг/л$	88 200	6170	550	916	46	1500	256	
$мг-экв/л$	1837	128	11,5	19,1	0,9	31,2	5,3	
Карбонаты CO_3^{2-} :								
$мг/л$	2520	204	0	66	—	—	—	
$мг-экв/л$	84	6,8	0	2,2	—	—	—	
Бикарбонаты HCO_3^- :								
$мг/л$	8174	561	0	122	—	—	—	
$мг-экв/л$	134	9,2	0	2	—	—	—	
Железо общее Fe, $мг/л$	—	—	0,7	0,07	0,03	0,09	0,15	
Медь Cu^{2+} , $мг/л$, в воде:								
отстоенной	—	0	—	0,15	—	—	—	
фильтрованной	—	0	—	0,07	0,2	0,04	0,58	
Никель Ni^{2+} , $мг/л$, в воде:								
отстоенной	30,3	0,85	161,2	1,23	—	—	—	
фильтрованной	26,7	0,05	161,2	0,27	2,32	14	9	
Кобальт Co^{2+} , $мг/л$, в воде:								
отстоенной	0,046	0	0,023	0,013	—	—	—	
фильтрованной	0,038	0	0,02	0	0,025	1	0,016	
Крезолы, $мг/л$	—	—	—	—	9,3	1,5	0,12	
Ксантогенаты, $мг/л$	—	—	—	0,18	0	0	0	
Расход воды, $м^3/сутки$	—	3700—4000	—	6200—13 300	1300	100	40	

электролизу, по его гидрометаллургии, по выделению карбоната никеля, по приготовлению гипохлорита натрия, по переработке шламов и др. Из каждого из них сбрасываются сточные воды. Характеристика сточных вод некоторых из них, а также характеристика общего стока гидрометаллургического получения кобальта приведены в табл. 31. [15]

Т а б л и ц а 31

Характеристика некоторых сточных вод гидрометаллургического получения кобальта ¹

Показатели	Сток отделения по осадению карбоната никеля после фильтр-прессов	Общий сток			
		отделение по приготовлению гипохлорита натрия	гидрометаллургического отделения (электролиз и промывка)	гидрометаллургического получения кобальта	
Цвет	Сероватый	Желтоватозеленоватый	Желтоватый		
Запах	Без запаха	Хлора	Без запаха		
Прозрачность, см	3,5	5	2,5	5	
pH	8,6	10,3	9	8,5	
Щелочность, мг-экв/л	29,3	4,3	13,4	4,9	
Грубодисперсные примеси, мг/л:					
общие	350	75	155	116	
прокаленные	68	61	86	76	
потеря при прокаливании	282	14	69	40	
Объем осадка после 2 ч отстаивания, %	0,2	1,2	—	—	
Сухой остаток, мг/л:					
общий	73 130	847	16 300	12 100	
прокаленный	71 520	516	15 590	11 420	
потеря при прокаливании	1 610	331	710	680	
Окисляемость по КМпО ₄ , мг О на 1 л	7,2	4,4	5	5,4	
Хлор активный Cl, мг/л	3,6	5	—	сл.	
Хлориды Cl ⁻ :					
мг/л	14 660	114	4135	3110	
мг-экв/л	413	3,2	116,5	87,6	
Сульфаты SO ₄ ²⁻ :					
мг/л	38 020	140	10 860	8600	
мг-экв/л	792	2,9	226	179	
Карбонаты CO ₃ ²⁻ :					
мг/л	586	67	420	0	
мг-экв/л	19,5	2,2	14	0	
Бикарбонаты HCO ₃ ⁻ :					
мг/л	962	0	177	0	
мг-экв/л	15,8	0	2,9	0	

* Приведены средние данные.

Показатели	Сток отделения по осажденно-карбоната никеля после фильтр-прессов	Общий сток		
		отделения по приготовлению гипохлорита натрия	гидрометаллургического отделения (электроды и промывка)	гидрометаллургического получения кобальта
Железо общее Fe, мг/л, в воде:				
натуральной	2,1	10	—	—
фильтрованной	—	0,8	0,018	0,03
Медь Cu ²⁺ , мг/л, в воде:				
натуральной	—	1,5	—	5,2
отстоенной	0	0	0	0,02
фильтрованной	0	0	0	—
Никель Ni ²⁺ , мг/л, в воде:				
натуральной	127,1	10,6	—	—
отстоенной	34	3,7	6	2,44
фильтрованной	15,62	1,1	—	—
Кобальт Co ²⁺ , мг/л, в воде:				
натуральной	3,4	1,3	—	—
отстоенной	0,5	0,04	0,012	0,014
фильтрованной	0,4	0,04	—	—
Расход воды, м ³ /сутки	600	170	770—1320	1100—1920

Основными загрязнениями являются хлориды, сульфаты, карбонаты, бикарбонаты и в очень небольшой степени никель, «активный хлор» и грубодисперсные примеси.

Вода мутноватая, без запаха, сероватого или желтоватого цвета с рН более 7. Окисляемость очень небольшая, медь, железо и кобальт практически не содержатся.

Сточные воды рафинирования меди

Сточные воды электролитического рафинирования меди загрязнены сульфатом меди, сульфатом железа и сульфатом никеля, имеют рН менее 7.

Характеристика рассматриваемых сточных вод приведена ниже:

Цвет	Зеленоватый
Запах	Без запаха
Прозрачность, см	2,5
рН	4—6
Кислотность, мг-эква/л	3,2—10,3
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	110—470
Сухой остаток, мг/л:	
общий	330—2800
прокаленный	280—1060
потеря при прокаливании	50—1740

Окисляемость по KMnO_4 , мг/л О на 1 л	7—18
Хлориды Cl^- :	
мг/л	17,5—155
мг-экв/л	0,5—4,4
Сульфаты SO_4^{2-} :	
мг/л	640—1400
мг-экв/л	1,3—30
Железо окисное Fe^{3+} , мг/л	36—130
Медь, мг:	
Cu^{2+}	100—250
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	393—982
Никель, мг/л:	
Ni^{2+}	110—170
$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	524—810
Расход воды, м ³ /сутки	145—170

Сточные воды электрохимического рафинирования меди сильно кислые, зеленого цвета, загрязнены грубодисперсными примесями, концентрация которых достигает в общем стоке 0,5 г/л. Сухой остаток общий составляет до 3 г/л, причем основные его компоненты — сульфат железа, сульфат меди и сульфат никеля.

Сточные воды необходимо нейтрализовать с выделением меди, никеля и железа в осадок.

Сточные воды обогащения оловянных концентратов

Как следует из данных табл. 32, сточные воды гидрометаллургического обогащения оловянных концентратов весьма кислые за счет применяемой в технологическом процессе соляной кислоты. Основными загрязнениями являются соли меди (до 18 мг/л), свинца

Т а б л и ц а 32

Характеристика сточных вод гидрометаллургического обогащения оловянных концентратов [16]

Показатели	Общий сток гидрометаллургического цеха после выщелачивания	
	1-й анализ	2-й (повторный) анализ
Цвет	Оранжевый	Темно-коричневый
Запах	Ржавого железа	Без запаха
Прозрачность, см	0,25	—
pH	0,95	0,1
Кислотность, мг-экв/л	1,02	36,4
Грубодисперсные примеси, мг/л:		
общие	843	1340
прокаленные	710	980
потеря при прокаливании	133	360
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	2,2	—

Показатели	Общий сток гидрометаллургического цеха после выщелачивания	
	1-й анализ	2-й (повторный) анализ
Сухой остаток, мг/л:		
общий	5150	5680
прокаленный	4580	4390
потеря при прокаливании	570	1290
Окисляемость по $KMnO_4$, мг О на 1 л, в воде:		
натуральной	19	—
фильтрованной	12,8	111
Хлориды Cl^- :		
мг/л	—	3600
мг-экв/л	—	101
Медь Cu^{2+} , мг/л	17	18
Свинец Pb^{2+} , мг/л	1,4	3
Мышьяк As, мг/л	0,004	20
Нефтепродукты, мг/л	6,4	0
Расход воды, м ³ /сутки	600—960	—

(до 3 мг/л), мышьяка (до 20 мг/л) и нефтепродукты (до 6,4 мг/л). Окисляемость воды невелика, грубодисперсных примесей относительно немного, количество сухого остатка повышено за счет содержания хлоридов и основная масса его минерального происхождения, так как потеря при прокаливании составляет не более 10—20%.

Сточные воды гидрометаллургического получения сурьмы

Сточные воды гидрометаллургического получения сурьмы очень сильно загрязнены мышьяком, концентрация которого достигает 100 мг/л. Характеристика сточных вод приведена в табл. 33.

Вода сильно окрашена, обладает запахом сернистого натрия и очень высоким значением рН. Щелочность репульпированного кека более 130 мг-экв/л, а отработанного электролита около 4 г-экв/л. Количество сухого остатка общего и окисляемость чрезвычайно велики. Такие сточные воды безусловно нельзя без очистки сбрасывать в водоем, их следует тщательно обрабатывать или полностью ликвидировать введением ряда технологических мероприятий (например, прекращением гидротранспорта размытого кека и удалением его в отвал или на переработку в сухом виде).

Сточные воды гидрометаллургического получения кадмия

Характеристика вод общего стока цеха гидрометаллургического производства кадмия приведена в табл. 34. Как следует из данных этой таблицы, вода в значительной степени загрязнена хлоридами, сульфатами и грубодисперсными примесями.

Характеристика сточных вод гидрометаллургического получения сурьмы

Показатели	Сток после репульпации кека		Сток электролитного цеха	
	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1-й анализ	2-й (повторный) анализ
Цвет	Черный		Зеленый	Коричневый
Запах	Сернистого натрия			
pH	13—14	13	14	14
Щелочность, мг-экв/л	170	131	2040	3780
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	407	441	460	270
прокаленные	384	—	260	180
потеря при прокаливании	23	—	200	90
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	38	—	—	—
Сухой остаток общий, мг/л	—	—	304 500	—
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л:				
на холоду	4400	3600	—	—
при кипячении	8300—9300	7200	65 460	—
Медь Cu^{2+} , мг/л	0	0	0	0
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,72	0,3	9	3,1
Мышьяк As, мг/л	40,72	0,9	50	100
Тиосульфат натрия, мг/л	—	—	—	100,4
Сернистый натрий Na_2S , мг/л	—	—	—	87,5

Таблица 34

Характеристика сточных вод гидрометаллургического производства кадмия

Показатели	Охлаждающая и бытовая вода гидрометаллургического цеха	Сток после промывки полотен фильтр-прессов		Сток вакуум-фильтров		Общий сток кадмиевого цеха
		1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	
Температура, °C	32	22	—	24	—	15
Цвет	Бесцветный	Мутно-желтый	Желтоватый	Мутноватый	Бесцветный	Серый
Запах	Без запаха	—	Ксантогенатов	Ксантогенатов (слабый)	Без запаха	—

Показатели	Охлаждающая и бытовая вода гидрометаллургического цеха	Сток после промывки полотен фильтр-прессов		Сток вакуум-фильтров		Общий сток каждого цеха
		1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	
Прозрачность, см	2,8	—	—	—	—	0
pH	6,9	6,9	6,9	8,1	8,1	8,2
Щелочность общая, мг-экв/л	0,4	1,6	1,8	3,3	3,2	5,6
Грубодисперсные примеси, мг/л:						
общие	34	94,5	19	12,5	7	552
прокаленные	22	69,5	15	8	5,2	88
потеря при прокаливании	12	25	4	4,5	1,8	464
Сухой остаток, мг/л:						
общий	240	3640	1736	268	327	3110
прокаленный	232	3150	1620	168	298	2190
потеря при прокаливании	8	190	116	100	29	920
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:						
натуральной	3,4	—	—	—	—	10,9
отстоенной	—	—	1,6	—	1,4	4,6
Кальций Ca^{2+} :						
мг/л	28,6	—	—	55,8	—	—
мг-экв/л	1,43	—	—	2,8	—	—
Магний Mg^{2+} :						
мг/л	2,2	—	—	8,7	—	—
мг-экв/л	0,18	—	—	0,7	—	—
Хлориды Cl^- :						
мг/л	170	17	16	13	18	404,6
мг-экв/л	4,8	0,5	0,4	0,35	0,51	11,3
Сульфаты SO_4^{2-} :						
мг/л	122	1914	856	—	29	1004
мг-экв/л	2,53	40	20	—	0,4	21
Бикарбонаты HCO_3^- :						
мг/л	—	—	—	—	—	341,6
мг-экв/л	—	—	—	—	—	5,4
Кремнекислота SiO_2 в натуральной воде, мг/л	—	7	4	9	3	2,8
Железо общее Fe в фильтрованной воде, мг/л	—	0,15	0,3	0,2	0,3	2,5
Медь Cu^{2+} в натуральной воде, мг/л	0,5	сл.	—	0,175—3	0,29	0,51
Свинец Pb^{2+} , мг/л, в воде:						
натуральной	0,05	9,5	—	6,4	—	20
отстоенной	—	—	—	—	7,55	1,2
Цинк Zn^{2+} , мг/л, в воде:						
натуральной	1,9	45	—	45	0,63	39

Показатели	Охлаждающая и бытовая вода гидрометаллургического цеха	Сток после промывки лотков фильтр-прессов		Сток вакуум-фильтров		Общий сток кадмиевого цеха
		1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	
фильтрованной Кадмий Cd^{2+} , мг/л	—	—	—	—	—	4,5
Мышьяк As, в фильтрованной воде, мг/л	0	0,035—0,093	0,04	0—0,046	0,04	0,93
Сурьма Sb, мг/л	—	0,2	0,11	0,1	0,07	0
Расход воды, м ³ /сутки	—	40	—	170	—	—

Т а б л и ц а 35

Характеристика сточных вод производства технического селена

Показатели	Сток селенового отделения	
	до нейтрализации	после нейтрализации
Цвет	Голубой	Зеленоватый
Запах	Без запаха	
pH	<3	8,6
Кислотность, мг-экв/л	700	—
Щелочность, мг-экв/л:		
общая	—	27,5
карбонатная	—	2,7
Грубодисперсные примеси, мг/л:		
общие	150	—
прокаленные	96	—
потеря при прокаливании	54	—
Сухой остаток, мг/л:		
общий	62 480	13 800
прокаленный	32 010	13 190
потеря при прокаливании	30 470	610
Окисляемость по $KMnO_4$ в отстоянной воде, мг O на 1 л	86	9,6
Хлориды Cl^- :		
мг/л	5720	276
мг-экв/л	161-	7,8
Сульфаты SO_4^{2-} :		
мг/л	11 730	7250
мг-экв/л	244,3	151
Полуторные окислы R_2O_3 , мг/л	1500	—
Медь Cu^{2+} , мг/л	—	0,24
Никель Ni^{2+} , мг/л	34	3,1
Кобальт Co^{2+} , мг/л	—	0,04
Крезолы, мг/л	0	0,4
Расход воды, м ³ /сутки	25	4

Сточные воды гидрометаллургического получения селена

Сточные воды гидрометаллургического производства селена без запаха, окрашены, с кислой реакцией. Грубодисперсных примесей незначительное количество. Количество сухого остатка общего (табл. 35) чрезвычайно велико и достигает 14—63 г/л. Основные составляющие его — хлориды, сульфаты и полуторные окислы (сумма железа и алюминия). Цветными металлами и реагентами почти не загрязнены, за исключением содержащегося в количестве 34 мг/л Ni^{2+} в кислом стоке. Расход сточных вод очень невелик и составляет менее 30 м³/сутки. Поэтому наиболее целесообразно не допускать их без локальной очистки до сброса в водоем, если даже есть возможность разбавлять их в общем стоке производства.

Сточные воды титано-магниевого заводов

Характеристика сточных вод титано-магниевого заводов (общие стоки) представлена в табл. 36. Общие стоки, поступающие на станции нейтрализации, чрезвычайно кислые, рН их ~1—2, они содержат очень много хлоридов и сульфатов, т. е. загрязнены серной и соляной кислотами. В них растворены железо, титан, медь, мышьяк.

Другие сточные воды представляют собой нейтральные шламы, сбрасываемые в накопитель и несущие очень много грубодисперсных примесей и минеральных солей, а также условно чистые стоки, совершенно прозрачные и практически ничем не загрязненные.

Характеристика цеховых стоков титано-магниевого заводов представлена в приложении I (см. табл. I-52—I-54).

Сточные воды предприятий редкометаллической промышленности

В табл. 37 приведена характеристика некоторых сточных вод цехов предприятий редкометаллической промышленности. Типичными загрязнениями их являются соляная кислота, плавиковая кислота, растворенные полуторные окислы и грубодисперсные примеси. Самая тщательная нейтрализация с последующим отстаиванием и возможно даже фильтрованием позволит не только очистить сточные воды от загрязнений, но и вернуть в производство теряемые с ними ценные вещества.

В приложении I (см. табл. I-55—I-58) приведены данные об отдельных стоках цехов № 4 и 6 предприятий редкометаллической промышленности.

Пирометаллургические производства

Сточные воды свинцовых плавильных заводов

В табл. 38 приведена характеристика сточных вод ряда свинцовых плавильных заводов. Сточные воды, сбрасываемые при охлаждении плавильных печей и затем используемые для тушения

**Характеристика сточных вод титано-магневых заводов
(общие стоки)**

Показатели	Общий сток, поступающий на станцию нейтрализации		Производствен- ные воды	Условно чистые сточные воды	Сброс в шламо- накопитель	Сточные во- ды, посту- пающие на станцию ней- трализации № 3
	№ 1	№ 2				
Температура, С	20	20	21	20	18	30
Цвет	Темно-серый	Светло-серый	Светло-коричневый	Бесцветный	Серый	
Запах	Неопределенный	Эфира (слабый)	Неопределенный	Без запаха	Эфира (слабый)	Без запаха
Прозрачность, см	0	0	18	30	0	1,4
pH	<1	<1	7	7	6	2
Кислотность, мг экв/л	16 400	40 800	—	—	8	4660
Жесткость общая, мг-экв/л	—	—	3600	5800	—	—
Грубодисперсные приме- си, мг/л						
общие	4040	17 100	360	40	24 300	850
прокаленные	3230	16 800	—	—	19 300	400
потеря при прокали- вании	810	300	—	—	5 000	450
Сухой остаток, мг/л						
общий	9650	56 100	284	342	25 200	3700
прокаленный	3490	45 900	—	—	8 600	1120
потеря при прокали- вании	3460	10 200	—	—	16 600	2580
Окисляемость по КМnO ₄ , мг О на 1 л	—	—	—	—	—	64
Хлор активный Cl, мг/л	376	1,42	0	0	0	66
Азот аммонийный NH ₄ ⁺ мг/л	—	2700	—	—	20	—
мг-экв/л	—	150	—	—	1,1	—
Магний Mg ²⁺ . мг/л	—	640	—	22	220	170
мг-экв/л	—	53,3	—	1,83	18,3	14,2
Хлориды Cl ⁻ : мг/л	5900	40 700	22	48	7800	3310
мг-экв/л	166	1146	0,62	1,07	220	93,2
Сульфаты SO ₄ ²⁻ . мг/л	—	14 500	54	62	550	220
мг-экв/л	—	302	1,12	1,3	11,4	4,6
Фториды F ⁻ , мг/л	—	72,5	—	—	3	—
Железо общее, Fe, мг/л	500	2500	—	—	810	100
Медь Cu ²⁺ , мг/л	—	1680	—	—	18	12
Титан Ti, мг/л	2870	3300	—	—	0	25
Мышьяк As, мг/л	—	100	—	—	2	—
Расход воды, м ³ /сутки	130—140	250—300	2000— 2100	14 000— 14 500	2500— 2700	17 775

Характеристика сточных вод предприятий редкометаллической промышленности

Показатели	Основное производство цеха № 1	Цех № 3		Общий сток цеха № 4	Цех № 5			Общий сток цеха № 6
		отделение обезжелезивания	отделение двуокиси		после кислот промывки	нутч-фильтры	после промывки соляной кислотой	
Цвет								Светло-серый
Запах								Без запаха
Прозрачность, см	1,6	1	1	1	1,2	13	1,2	1,2
pH	8,9	0,3	1,7	8,5	0,7	0,36	0,7	5,2
Кислотность, мг-экв/л	—	610	6,8	—	194	440	194	—
Щелочность, мг-экв/л	19,2	—	—	3,6	—	—	—	3
Грубодисперсные примеси, мг/л:								
общие	340	338	425	104	1770	88	1830	480
прокаленные	250	274	300	72	1580	48	1510	330
потеря при прокаливании	90	64	125	32	190	40	320	150
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	1,3	0,7	3,5	2,7	1	<0,2	1,3	—
Сухой остаток, мг/л:								
общий	5700	8650	14 380	6770	423 130	1900	181 470	7650
прокаленный	4300	4980	11 330	5040	287 890	990	124 680	4840
потеря при прокаливании	1400	3670	3 050	1730	135 240	910	59 790	2810
Окисляемость по KMnO ₄ , мг O на 1 л	8,7	103	27,2	9,1	93,2	19	83,8	7,5
Азот аммонийный NH ₄ ⁺ :								
мг/л	523	—	11,2	272	—	—	—	14
мг-экв/л	29,1	—	0,62	15,1	—	—	—	0,78
Хлориды Cl ⁻ :								
мг/л	2117	18,4	7092	2660	220 800	17 640	88 300	1330
мг-экв/л	60	0,52	200	75	6220	500	2484	40,3
Фториды F ⁻ , мг/л	450	0	0	9	—	1,2	—	900
Полугорные окислы R ₂ O ₃ , мг/л	20	1885	395	12	4320	64	870	—
Титан Ti, мг/л	1	120	4	1,8	1	1,8	2	—

шлака, загрязнены в основном грубодисперсными примесями и их необходимо только механически отстаивать. Количество сухого остатка общего довольно велико за счет содержания сульфатов и

Т а б л и ц а 38

Характеристика сточных вод свинцовых плавильных заводов *

Показатели	Вода после охлаждения кессонов и грануляции шлаков	Сток	
		агломерационного отделения	газоочистки
Цвет	Серый	Желтоватый	—
Запах	Без запаха		Сернистого газа
pH	7,3—8,2	8	3—8,4
Щелочность, мг-экв/л	1—7	3—5,6	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:			
общие	100—550	30—200	82 500
прокаленные	90—540	25—195	76 500
потеря при прокаливании	10	5	6 000
Сухой остаток, мг/л:			
общий	150—3000	400—2800	8 200
прокаленный	120—2400	370—2200	7 800
потеря при прокаливании	30—600	30—600	400
Окисляемость KMnO_4 , мг O на 1 л, в воде:			
натуральной	16—18	12	—
отстойной	2—10	10	80—220
Хлориды Cl^- :			
мг/л	15—440	12—420	1660
мг-экв/л	0,42—12,4	0,34—11,9	46,8
Сульфаты SO_4^{2-} :			
мг/л	100—1100	90—1100	2300
мг-экв/л	1,97—22,8	1,81—22,8	48
Железо общее Fe, мг/л	1,6	0,8	1,2
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,02	0,04	0,04
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,07	0,09	25
Цинк Zn^{2+} , мг/л	1	7,2	0,8
Кадмий Cd^{2+} , мг/л	сл.	—	4,5
Мышьяк As, мг/л	0—0,05	0—0,2	0
Сурьма Sb^{3+} , мг/л	сл.	сл.	—
Расход воды, м ³ /сутки	800—3000	150	100—430

* Приведены средние данные.

хлоридов. Катионами тяжелых металлов рассматриваемые сточные воды практически не загрязнены.

Характеристика стоков различных свинцовых плавильных заводов приведена в приложении I (см. табл. I-59—I-63).

Сточные воды пирометаллургического получения цинка

Характеристика сточных вод пирометаллургического получения цинка приведена ниже (охлаждающая вода):

Температура, °С	20—21
Цвет	Серо-желтый
Прозрачность, см	0,8
pH	8,2
Щелочность, мг-экв/л	6,4
Грубодисперсные примеси, мг/л.	
общие	8
прокаленные	4
потеря при прокаливании	4
Сухой остаток, мг/л:	
общий	2640
прокаленный	2336
потеря при прокаливании	304
Окисляемость по KMnO_4 , мг О на 1 л,	
в воде:	
натуральной	9,9
отстоянной	7,9
Хлориды Cl^- :	
мг/л	417
мг-экв/л	11,7
Сульфаты SO_4^{2-} :	
мг/л	1103
мг-экв/л	23
Бикарбонаты HCO_3^- :	
мг/л	390,4
мг-экв/л	64
Железо общее Fe, мг/л, в воде.	
натуральной	1,6
фильтрованной	0,6
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде.	
натуральной	0,02
фильтрованной	0
Свинец Pb^{2+} , мг/л, в воде:	
натуральной	Сл.
фильтрованной	»
Цинк Zn^{2+} , мг/л, в воде:	
натуральной	1,5
фильтрованной	0,89
Кадмий Cd^{2+} в натуральной воде, мг/л	Сл.
Мышьяк As, мг/л, в воде:	
натуральной	0
фильтрованной	0
Расход воды, м ³ /сутки	14 700

Согласно этим данным, сточные воды, сбрасываемые непосредственно при пирометаллургическом получении цинка, можно отнести к группе условно-чистых, так как они практически не содержат никаких загрязняющих компонентов. Несколько повышен-

ное содержание сухого остатка общего обусловлено хлоридами, сульфатами и бикарбонатами.

Сточные воды агломерационного отделения также можно отнести к группе условно чистых. Но относительно небольшой по расходу сток отделения газоочистки с запахом сернистого газа и низкой величиной рН сильно загрязнен грубодисперсными примесями, хлоридами, сульфатами, свинцом и кадмием. Он безусловно подлежит выделению из общей канализационной сети и тщательной нейтрализации на локальной установке.

Сточные воды выплавки металлического никеля

Сточные воды, сбрасываемые при выплавке металлического никеля, содержат до 1,7 мг/л катионов никеля, по-видимому, за счет попадания из воздуха с пылью сульфатов и карбонатов никеля в охлаждающую воду. По остальным показателям воду можно отнести к условно чистым.

Характеристика рассматриваемых сточных вод приведена ниже:

Цвет	Желтоватый
Запах	Неопределенный
Прозрачность, см	11
рН	7,8
Щелочность общая, мг-экв/л	0,6
Грубодисперсные примеси, мг/л.	
общие	25,2
прокаленные	24
потеря при прокаливании	1,2
Сухой остаток, мг/л:	
общий	210
прокаленный	180
потеря при прокаливании	30
Окисляемость по KMnO_4 , мг О на 1 л	3,4
Хлориды Cl^- :	
мг/л	19,2
мг-экв/л	0,54
Сульфаты SO_4^{2-} :	
мг/л	100
мг-экв/л	2,1
Железо общее Fe, мг/л	0,42
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:	
отстоенной	0,228
фильтрованной	0,116
Никель Ni^{2+} , мг/л, в воде:	
отстоенной	1,78
фильтрованной	1,70
Кобальт Co^{2+} , мг/л, в воде:	
отстоенной	0,01
фильтрованной	0,004
Расход воды, м ³ /сутки	6500

*Сточные воды пирометаллургического получения
кобальта*

Сточная вода, сбрасываемая при пирометаллургическом получении кобальта, представляет собой совершенно чистую воду, не содержащую никаких загрязнений и не нуждающуюся в какой-либо очистке.

Характеристика охлаждающей воды плавильного цеха приведена ниже:

Цвет	Светло-желтоватый
Запах	Без запаха
Прозрачность, см	>30
pH	6,5
Щелочность, мг-экв/л	0,35
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	—
Сухой остаток, мг/л:	
общий	52
прокаленный	36
потеря при прокаливании	16
Окисляемость по KMnO_4 , мг O на 1 л	1,1
Азот аммонийный NH_4^+ :	
мг/л	0,1
мг-экв/л	0,006
Нитриты NO_2^- :	
мг/л	Сл.
мг-экв/л	—
Нитраты NO_3^- :	
мг/л	0,53
мг-экв/л	0,01
Хлориды Cl^- :	
мг/л	5
мг-экв/л	0,14
Сульфаты SO_4^{2-} :	
мг/л	12,3
мг-экв/л	0,26
Карбонаты CO_3^{2-} :	
мг/л	0
мг-экв/л	—
Бикарбонаты HCO_3^- :	
мг/л	21,4
мг-экв/л	0,35
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	4,5
Железо общее Fe, мг/л	0,35

Сточные воды медеплавильных заводов

В табл. 39 приведена характеристика сточных вод медеплавильных заводов при осуществлении трех основных операций: охлаждения плавильных печей; грануляции шлака и разливки металли-

Характеристика сточных вод металлургических заводов

Показатели	Грануляция шлака печей		Охлажденные кессоны шахтных печей	Разливка меди		Грануляция		Общий сток грануляции шлака и разливочных машин
	отражательных	шахтных		анодной	вайер-Барсовой	меди	шлака	
	20	31	19	80	44	57	34	
Температура, °С			19	80	44	57	34	—
Цвет			Желтоватый				Темносерый	Коричневый
Запах			Без запаха				Без запаха	Керосина
Прозрачность, см	0	0	0	0	0	0	0	Мутная
pH	6,6	6,8	6,9	7,9	7,4	1,4	7,9	8,7
Кислотность, мг-экв/л	—	—	—	—	—	7,1	0,2	—
Щелочность, мг-экв/л	1	0,65	6,8	0,85	1,3	—	3,6	1,2
Грубодисперсные примеси, мг/л:								
общие	900	680	610	1900	3120	2300	390	44 250
прокаленные	800	620	520	1660	2830	2010	—	34 690
потери при прокаливании	100	60	90	240	290	290	—	9 560
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	0,22	0,37	0,26	0,5	0,46	1,6	—	1,6

Показатели	Грануляция шлака печей		Охлажде- ние кес- сонов шахтных печей	Разливка меди		Грануляция		Общий сток гра- нуляции шлака и разли- вочных машин
	отража- тельных	шахтных		зподной	вайер- барсовой	меди	шлака	
Сухой остаток, мг/л:								
общий	290	380	370	270	160	1310	260	480
прокаленный	175	230	240	190	90	900	150	420
потеря при прокаливании	115	150	130	80	70	410	110	60
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в во- де:								
отстоянной	5,2	4	3,4	6,7	17,9	16,9	7,1	48
фильтрованной	4,4	3,4	3,2	5,5	4	12,8	—	—
Сера общая S, мг/л	—	62,1	—	—	—	—	—	—
Сероводород H_2S , мг/л	0	Сл.	—	—	0	Сл.	—	—
Хлориды Cl^- :								
мг/л	10,6	12,8	9,2	5,2	10,6	25,6	8,3	—
мг-экв/л	0,3	0,36	0,26	0,15	0,3	0,72	0,23	—
Сульфаты SO_4^{2-} :								
мг/л	151	183	186	105	33	784	38	—
мг-экв/л	3,14	3,81	3,87	2,18	0,69	16,3	0,8	—
Железо общее Fe, мг/л	0,2	0,1	—	—	0,1	—	—	0,1
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,013	0,066	—	—	0,06	41	0	0,25
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,125	1,35	—	0,11	0	2,87	—	—
Цинк Zn^{2+} , мг/л	0	0,22	—	—	0	0,86	—	—
Мышьяк As, мг/л	—	—	—	—	—	18	—	—
Расход воды, $m^3/сутки$	2400	4320	1920	460	480	40	—	2700

ческой меди. Как можно видеть, у единственного стока, количество которого не превышает $40 \text{ м}^3/\text{сутки}$, низкая величина рН, он загрязнен катионами меди, свинца, цинка и содержит до 18 мг/л мышьяка. Это сток от грануляции меди, который имеет резкий запах сернистого газа и содержит до 800 мг/л сульфатов, в то время как во всех других сточных водах данного производства концентрация сульфатов не превышает 200 мг/л .

Сточные воды выплавки олова

В табл. 40 дана характеристика сточных вод, сбрасываемых при выплавке олова.

Т а б л и ц а 40

Характеристика сточных вод выплавки олова

Показатели	Сток после грануляции шлака и охлаждения оловоплавильных печей при обследовании		Вода после охлаждения плавильных печей и грануляции шлака
	первом	втором	
Цвет	Желтоватый		
Запах	Без запаха		
Прозрачность, см	—	—	3
рН	7	6,6	7
Щелочность, мг-экв/л	2	1,6	2
Грубодисперсные примеси, мг/л:			
общие	166,4	60	166
прокаленные	154,2	40	154
потеря при прокаливании	12,2	20	12
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	—	—	0,18
Сухой остаток, мг/л:			
общий	—	261	292
прокаленный	—	234	260
потеря при прокаливании	—	27	32
Окисляемость по KMnO_4 , мг О на 1 л, в воде:			
натуральной	161	—	161
фильтрованной	47,6—161	7,9	47,6
Хлориды Cl^- :			
мг/л	—	—	—
мг-экв/л	—	—	—
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,1	0	0,1
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,4	0,4	0,4
Мышьяк As, мг/л	0,014	0,014	0,011
Нефтепродукты, мг/л	0	0	2,8
Ксантогенаты, мг/л	0	0	—
Расход воды, $\text{м}^3/\text{сутки}$	1440	—	—

Воду в плавильном цехе используют дважды: вначале для охлаждения плавильных печей, а затем для грануляции шлака.

Как следует из данных табл. 40, в процессе технологического использования химический состав воды не изменяется, за исклю-

чением того, что на выходе из цеха в ней обнаруживают 2,8 мг/л нефтепродуктов. Это загрязнение не вызвано технологическим режимом работы производства и, по-видимому, является случайным.

По всем прочим показателям воду можно отнести к группе условно чистых.

Сопутствующие производства

Сточные воды сернокислотного производства

Сточные воды сернокислотного производства, согласно технологии, не должны быть загрязнены и относятся к группе охлаждающих, условно чистых вод, которые следует использовать в системах оборотного водоснабжения. По данным табл. 41, можно видеть,

Таблица 41

Характеристика сточных вод сернокислотного производства *

Показатели	Сток		Общий сток охлаждающей воды
	оросительных холодильников	газоочистки	
Температура, °С	16—25	22	—
Цвет	Серо-желтый, мутный	Бесцветный	
Запах	Без запаха	Сернистого газа	Без запаха
pH	7,6—8,9	2,5	7,6
Кислотность, мг-экв/л	—	2,9	—
Щелочность, мг-экв/л	2,8—6,5	—	0,7
Грубодисперсные примеси, мг/л:			
общие	10—3500	1300—2800	20
прокаленные	10—3100	1200—2500	17
потеря при прокаливании	0—400	100—300	3
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	0—1,1	—	—
Сухой остаток, мг/л:			
общий	300—800	3000—3500	150
прокаленный	170—570	2400—2700	130
потеря при прокаливании	130—230	600—800	20
Окисляемость по KMnO_4 , мг О на 1 л	1—60	10—13	2,4
Хлориды Cl^- :			
мг/л	15—300	450	5,8
мг-экв/л	0,42—8,4	12,6	0,16
Сульфаты SO_4^{2-} :			
мг/л	50—120	1600—2100	46
мг-экв/л	1,04—2,51	33,4—43,8	0,96
Железо общее Fe, мг/л	0,5—0,8	3,5—5	0,3
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,02	1—2,4	0,12
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,013	4,5	—
Цинк Zn^{2+} , мг/л	0,55	10—20	—
Мышьяк As, мг/л	0	до 12	—
Расход воды, м ³ /сутки	—	1750	7000—8250

* Приведены средние данные.

что действительно загрязненной сточной водой является только сток газоочистки с низким значением рН и содержащий растворенные катионы тяжелых металлов: медь, железо, свинец, цинк и мышьяк (до 12 мг/л). Этот сток безусловно подлежит локальной очистке нейтрализацией его с переводом в осадок катионов тяжелых металлов. В приложении I (см. табл. I-64—I-66) приведены более подробные данные о сточных водах ряда сернокислотных производств.

Сточные воды получения цинкового купороса

При получении цинкового купороса в канализацию сбрасывают только охлаждающую воду.

Характеристика охлаждающей воды купоросного отделения приведена ниже:

Цвет	Бесцветный
Запах	Без запаха
Прозрачность, см	1
рН	6,3
Щелочность, мг-экв/л	0,2
Грубодисперсные примеси, мг/л:	
общие	33
прокаленные	24
потеря при прокаливании	9
Сухой остаток, мг/л:	
общий	280
прокаленный	264
потеря при прокаливании	16
Окисляемость по KMnO_4 , мг О на 1 л	3,3
Кальций Ca^{2+} :	
мг/л	17,2
мг-экв/л	0,86
Магний Mg^{2+} :	
мг/л	1,3
мг-экв/л	0,11
Хлориды Cl^- :	
мг/л	12,8
мг-экв/л	0,36
Сульфаты SO_4^{2-} :	
мг/л	60,8
мг-экв/л	1,27
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,43
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,07
Цинк Zn^{2+} , мг/л	1,16
Мышьяк As, мг/л	0
Расход воды, м ³ /сутки	24

Такую воду вполне можно отнести к группе условно чистых, так как она практически никаких загрязняющих компонентов не содержит. К тому же расход ее так мал, что имеющиеся загрязне-

Характеристика сточных вод получения медного купороса

Показатели	Сток	
	меднокупоросного цеха	отделения кристаллизации медного купороса
Температура, °С	17	—
Цвет	Слегка опалесцирующий	Голубоватый
Запах	Без запаха	
pH	8,3	8,2
Щелочность, мг-экв/л:		
общая	3,1	2,8
карбонатная	0	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:		
общие	51	38
прокаленные	36	28
потеря при прокаливании	15	10
Сухой остаток, мг/л:		
общий	308	320
прокаленный	214	279
потеря при прокаливании	94	51
Окисляемость по KMnO_4 , мг О на 1 л	1,4	1,8
Кальций Ca^{2+} :		
мг/л	49,3	—
мг-экв/л	2,46	—
Магний Mg^{2+} :		
мг/л	9,4	—
мг-экв/л	0,78	—
Хлориды Cl^- :		
мг/л	15	18
мг-экв/л	0,42	0,51
Сульфаты SO_4^{2-} :		
мг/л	42,8	31
мг-экв/л	0,87	0,64
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	9	4
Железо общее Fe, мг/л	0,4	0,5
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,48—1,5	1,66
Цинк Zn^{2+} , мг/л	0,52	4,6
Кадмий Cd^{2+} , мг/л	Сл.	0
Мышьяк As, мг/л	0	0
Сурьма Sb, мг/л	—	0,02
Расход воды, м ³ /сутки	85	150

ния, например катионы меди или цинка, в общем стоке производства будут многократно разбавлены.

Сточные воды получения медного купороса

В табл. 42 приведена характеристика сточных вод, сбрасываемых при производстве медного купороса.

В воде содержатся в незначительных количествах катионы меди и цинка. При соответствующем разбавлении на данном производстве воду можно сбрасывать в общезаводскую канализацию без специальной очистки. При необходимости ее следует нейтрализовать до $pH = 8,5 \div 9,5$ для очистки от меди и цинка.

Сточные воды аммиачного производства

Характеристика сточных вод одного из аммиачных производств, сопутствующих в отдельных случаях предприятиям цветной металлургии, представлена в табл. 43.

Т а б л и ц а 43

Характеристика сточных вод аммиачного производства

Показатели	Надсмольные воды аммиачного отделения	Общий сток хими- ческого (аммиачно- го) отделения
Цвет	Желтый	
Запах	Сероводорода	Коксохимии
Прозрачность, см	0	0
pH	8,5	8,6
Щелочность, мг-экв/л:		
общая	46,7	27,1
карбонатная	26	18,4
Грубодисперсные примеси, мг/л:		
общие	79	1121
прокаленные	29	705
потеря при прокаливании	50	416
Сухой остаток, мг/л:		
общий	952	580
прокаленный	48	102
потеря при прокаливании	904	478
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	1696	721
Азот аммонийный NH_4^+ :		
мг/л	4428	565
мг-экв/л	246	31,4
Сера общая S, мг/л	685	155
Хлориды Cl^- :		
мг/л	697	369
мг-экв/л	19,6	10,4
Сульфаты SO_4^{2-} :		
мг/л	184	221
мг-экв/л	3,83	4,60
Фенолы летучие C_6H_5OH , мг/л	455	251
Органические кислоты CH_3COOH , мг/л	768	378
Расход воды, м ³ /сутки	23	120

Расход сточных вод такого рода невелик, но такие воды весьма загрязнены органическими соединениями, в отличие от всех ранее рассмотренных сточных вод предприятий цветной металлургии. Перманганатная окисляемость превышает 1,5 г О на 1 л, потеря при прокаливании сухого остатка составляет 95% его общего количества. Сточные воды содержат азот аммонийный, фенолы летучие и органические кислоты. Они желтого цвета, совершенно не прозрачны и обладают запахом, характерным для коксохимических производств.

Сточные воды производства суперфосфата

Сточные воды суперфосфатного производства, образующиеся при промывке выходящих из печей газов, сбрасываются в весьма незначительных количествах. Они резко кислые, с большим количеством грубодисперсных примесей и в качестве основных загрязняющих компонентов содержат до 19% фторидов и соляную кислоту.

Характеристика сточных вод производства суперфосфата приведена ниже:

Температура, °С	60
Цвет	Молочно-белый
Запах	Соляной кислоты
Прозрачность, см	0
pH	<1
Кислотность, мг-экв/л	1790
Щелочность мг-экв/л	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:	
общие	20 750
прокаленные	19 010
потеря при прокаливании	1 740
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	38,4
Хлориды Cl ⁻ :	
мг/л	2222,2
мг-экв/л	62,6
Фосфаты PO ₄ ³⁻⁻ :	
мг/л	0
мг-экв/л	—
Фториды, мг/л	190 000
Расход воды, м ³ /сутки	5

Заводы по обработке цветных металлов

Характеристика сточных вод одного из заводов по обработке цветных металлов представлена в табл. 44. У стоков низкое значение pH, несколько повышенная перманганатная окисляемость и они загрязнены катионами тяжелых металлов: железом, медью,

свинцом, цинком, никелем и даже содержат до 0,3 мг/л общего хрома.

Сточные воды такого рода подлежат нейтрализации с выделением в осадок труднорастворимых соединений тяжелых металлов.

Т а б л и ц а 44

Характеристика сточных вод заводов по обработке цветных металлов
(общие стоки)

Показатели	Сток	
	1-й	2-й
Цвет	Серый	Желто-зеленый
Запах	Без запаха	
Прозрачность (визуально)	Слабомутная	Мутная
pH	3	3,9
Кислотность, мг-экв/л	1,5	0,7
Грубодисперсные примеси, мг/л:		
общие	27	20
прокаленные	22	6
потеря при прокаливании	5	14
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	3,4	5,2
Сухой остаток, мг/л:		
общий	970	530
прокаленный	800	400
потеря при прокаливании	170	130
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	37	34
Азот аммонийный NH_4^+ :		
мг/л	280	140
мг-экв/л	15,6	7,8
Хлориды Cl^- :		
мг/л	256	39
мг-экв/л	7,21	1,1
Сульфаты SO_4^{2-} :		
мг/л	182	310
мг-экв/л	3,8	6,4
Железо общее Fe, мг/л	20	1,6
Медь Cu^{2+} , мг/л	22	4
Свинец Pb^{2+} , мг/л	—	2,9
Цинк Zn^{2+} , мг/л, в воде:		
отстоянной	10,3	28,8
фильтрованной	9,8	16,8
Никель Ni^{2+} , мг/л	0,44	2,5
Хром общий Cr, мг/л	0,2	0,3
Расход, м ³ /сутки	1400	1435

Глава II

УСЛОВИЯ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водоемов и необходимость очистки промышленных стоков

Из рассмотренных выше данных следует, что основными загрязнениями сточных вод предприятий цветной металлургии являются следующие:

1. Грубодисперсные примеси, представляющие собой хвосты флотации или гравитации на обогатительных фабриках и пустую породу в шахтных водах.

В Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами [17] предусмотрено, что содержание взвешенных веществ (грубодисперсных примесей) не должно увеличиваться больше чем на $0,25 \text{ мг/л}$ для воды водоемов хозяйственно-питьевого водоснабжения и на $0,75 \text{ мг/л}$ для водоемов, используемых в спортивных целях и находящихся в черте населенных пунктов. Такие же требования по грубодисперсным примесям предъявляют и к водоемам рыбохозяйственного значения. Кроме того, сброс хвостов обогатительных фабрик в водоемы приводит к образованию отмелей, перекатов, к обмелению рек и к потере ценных компонентов, которые в дальнейшем можно было бы использовать в промышленности [18].

2. Кислоты, добавляемые в технологический процесс в качестве обязательных реагентов (например, выщелачивание металлов соляной кислотой в гидрометаллургических процессах) и содержащиеся в некоторых кислых шахтных водах, особенно медных рудников. В Правилах охраны водоемов от загрязнений указано, что реакция в воде любых водоемов не должна выходить за пределы $6,5\text{—}8,5$ рН. Помимо этого, в кислых сточных водах может растворяться ряд соединений, трудно растворимых в нейтральной или слабощелочной среде, что приводит ко вторичному загрязнению водоемов.

3. Ионы цветных металлов: железа, меди, никеля, цинка, свинца, алюминия, кобальта, кадмия, сурьмы, ртути, титана и др. Ионы этих металлов попадают в сточные воды предприятий цветной металлургии при гидрометаллургических процессах и раство-

ренин их соединений в кислотах, с кислыми шахтными водами, при использовании в качестве флотореагентов (депрессоры, активаторы) сульфата меди, сульфата цинка и т. п.

В табл. 45 приведены данные предельно допустимых концентраций ионов металлов в воде водоемов санитарно-бытового водопользования и рыбохозяйственного значения.

Т а б л и ц а 45

Предельно допустимая концентрация ионов цветных металлов, *мг/л*

Металл	Вода водоемов санитарно-бытового водопользования	Вода рыбохозяйственных водоемов
Алюминий	Нет св.	Нет св.
Вольфрам	0,1 [19]	» »
Железо	0,5	» »
Кадмий	0,01	0,005
Кобальт	1,0	Нет св.
Марганец	Нет св.	» »
Медь	0,1	0,01
Молибден	0,5 [20]	Нет св.
Никель	0,1	0,01
Ртуть *1	0,005	Нет св.
Свинец	0,1	0,1
Стронций	2,5 [22]	Нет св.
Сурьма	0,05 [21]	» »
Титан	0,1 *2	» »
Цинк	1,0	0,01

*1 В неорганических соединениях.

*2 Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водоемов санитарно-бытового водопользования, утвержденные Главной государственной санитарной инспекцией Министерства здравоохранения СССР 12 января 1967 г. за № 662—67.

4. Цианиды — основное загрязнение флотационных обогатительных фабрик, применяющих в качестве реагента циан-плав, а также золотоизвлекательных фабрик, использующих цианирование как основной процесс переработки золотосодержащих руд. Цианиды, как простые растворимые, так и растворимые комплексные с медью, цинком, кадмием и т. д. являются весьма токсичными. Предельно допустимая концентрация простых цианидов в воде водоемов равна 0,1 *мг/л*.

5. Роданиды. Получаются в результате взаимодействия в сточных водах сульфидов (реагент сернистый натрий) и цианидов; не менее токсичны, чем цианиды, и их приходится учитывать, так как они наряду с цианидами легко окисляются вводимыми в сточную воду для ее очистки реагентами и требуется увеличение дозы реагентов.

6. Фториды — наиболее характерное загрязнение производств редкометаллической промышленности, обогащения флюоритно-баритовых руд и некоторых гидрометаллургических производств,

применяющих плавиковую кислоту или кремнефтористый натрий. Предельно допустимая концентрация фторидов в воде водоемов $1,5 \text{ мг/л}$.

7 Мышьяк — довольно часто встречающийся в сточных водах элемент, сопутствующий сернокислотному производству, гидрометаллургии сурьмы, но содержащийся в относительно небольших концентрациях. Однако из-за того, что предельно допустимая норма мышьяка в воде водоема равна $0,05 \text{ мг/л}$, ему следует уделять особое внимание.

8. Нефтепродукты, в частности керосин, — наиболее распространенный флотореагент, применяемый при обогащении медно-молибденовых, молибдено-вольфрамовых и медно-вольфрамовых руд. Он не является токсичным веществом, как мышьяк или циан, но придает воде неприятный запах и привкус. При значительных концентрациях из-за относительно небольшой растворимости в воде керосин создает на ее поверхности пленку, препятствующую проникновению в нижние слои воздуха, что приводит к дефициту кислорода и нарушает естественную жизнь водоема.

Предельно допустимая концентрация в воде водоемов санитарно-бытового водопользования обычной нефти $0,3 \text{ мг/л}$, многосернистой $0,1 \text{ мг/л}$, керосина $0,1 \text{ мг/л}$, бензина $0,1 \text{ мг/л}$; в воде рыбохозяйственных водоемов $0,05 \text{ мг/л}$ для нефти и нефтепродуктов в растворенном и эмульгированном состояниях.

9. Фенолы и крезолы; их применяют на флотационных обогатительных фабриках в качестве реагентов и они загрязняют сточные воды. Так же как и нефтепродукты, фенолы и крезолы не являются токсичными веществами, но придают воде неприятный запах, особенно если воду в целях дезинфекции хлорируют. Поэтому предельно допустимая концентрация фенола в воде водоемов санитарно-бытового водопользования составляет $0,001 \text{ мг/л}$ с двумя оговорками: 1) фенолы, образующие хлорфенол и 2) только для пунктов водопользования, использующих водоем в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Предельно допустимая концентрация фенола в воде водоемов рыбохозяйственного значения установлена равной $0,001 \text{ мг/л}$ без всяких оговорок.

10. Ксантогенаты и дитиофосфаты — типичные органические флотореагенты, придающие в определенных концентрациях воде специфический, неприятный запах. Предельно допустимые концентрации их в воде водоемов, по данным литературы, для бутилового ксантогената [23] не должны превышать $0,001 \text{ мг/л}$, а крезилового дитиофосфата $0,1 \text{ мг/л}$ [24]. По данным предельно допустимых концентраций 1967 г., принято $0,001 \text{ мг/л}$.

11. Прочие флотореагенты, все чаще и чаще применяемые на отдельных обогатительных фабриках. Предельно допустимые концентрации их в воде водоемов еще не включены в список, утвержденный Главной государственной санитарной инспекцией. Но по

данным органолептических исследований, приведенным в литературе, предельно допустимые концентрации для уайт-спирита составляют 0,3 мг/л, для нафтеновых кислот 0,3 мг/л, для соснового масла 0,2 мг/л [23], таллового масла 0,2 мг/л [25], ветлужского масла 0,02 мг/л [26], черемховской смолы 0,04 мг/л [26], терпинеола 0,05 мг/л [23], бесфенольных вспенивателей (моноэфиры полипропиленгликолей) ОПС-Б 7 мг/л и ОПС-М 0,5 мг/л, собирателей АНП 0,05 мг/л [27] и ИН-11 0,1 мг/л [27].

12. Сернистый натрий, в качестве одного из флотореагентов он применяется на многих обогатительных фабриках. Ранее было указано, что попадая в циансодержащие сточные воды, он, взаимодействуя с цианидами, дает роданиды. Однако всегда следует иметь в виду, что в списке предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде водоемов санитарно-бытового водопользования указано, что сульфиды должны отсутствовать.

13. Солевой состав сточных вод, сбрасываемых рядом производств, главным образом редкометаллической, титано-магниевой и гидрометаллургической промышленностями; характеризуется повышенным содержанием хлоридов, сульфатов и бикарбонатов.

В Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами указано, что минеральный состав воды водоемов не должен превышать по плотному (сухому) остатку 1000 мг/л, в том числе хлоридов 350 мг/л и сульфатов 500 мг/л.

В приложении II (см. табл. II-1 — II-33) приведена характеристика воды 33 рек (в первой колонке до сброса в них сточных вод). Далее приведены расчетные данные по возможному составу тех же речных вод после сброса в них неочищенных сточных вод различных предприятий цветной металлургии.

Возможное влияние такого рода сброса может быть охарактеризовано следующими данными.

При сбросе в водоемы неочищенных шахтных вод с повышенной минерализацией было бы заметное увеличение в речной воде сухого остатка общего, в основном в результате содержащихся хлоридов, сульфатов, кальция и магния. Возросла бы концентрация грубодисперсных примесей.

Сброс в реки неочищенных сточных вод гравитационных обогатительных фабрик привел бы к загрязнению грубодисперсными примесями (увеличение их концентрации в 500 и 1000 раз), почти в 2 раза увеличилась бы минерализация воды (сухой остаток общий), главным образом за счет сульфатов и кальция.

Какого-либо заметного загрязнения водоемов солями тяжелых металлов за счет шахтных вод или сточных вод гравитационных обогатительных фабрик не наблюдалось бы, исключая кислые шахтные воды медных рудников, загрязненные катионами меди и железа.

Сброс в реки неочищенных сточных вод флотационных свинцово-цинковых обогатительных фабрик привел бы к загрязнению

их грубодисперсными примесями (несмотря на то, что все сточные воды предварительно осветляют в хвостохранилищах) применяемыми в процессе флотации реагентами и продуктами их взаимодействия. Наиболее характерными загрязнениями данной группы обогатительных фабрик являются цианиды, роданиды, фенолы или крезолы, иногда сосновое масло, ксантогенаты и дитиофосфаты. При этом возможно повышение щелочности и рН речной воды, снижение прозрачности и концентрации растворенного кислорода.

Если взять, например, одну из рек, в которую сбрасывают сточные воды свинцово-цинковые обогатительные фабрики, то при отсутствии соответствующей очистки имело бы место повышение рН с 8,0 до 8,2, обнаруживаемое на расстоянии более 25 км от места выпуска. Концентрация грубодисперсных примесей выше сброса составляла бы 7 мг/л, ниже сброса на расстоянии 25 км она была бы около 540 мг/л. Окисляемость речной воды по KMnO_4 до сброса равна 1 мг О на 1 л, после сброса на расстоянии 25 км могла бы увеличиться до 60 мг О на 1 л. Цианидов и роданидов в реке выше сброса нет. Если сточные воды не будут от них очищены, то ниже сброса на расстоянии 25 км можно было бы ожидать концентрации цианидов 0,2 мг/л и роданидов 0,4 мг/л, что по цианидам превышает предельно допустимую концентрацию в 2 раза. В речной воде выше сброса сточных вод концентрация меди 0,04 мг/л; цинка 0 мг/л; при отсутствии соответствующей очистки ниже сброса на расстоянии 25 км можно было бы обнаружить концентрацию меди 0,4 мг/л (в 10 раз больше, чем было, и в 4 раза выше предельно допустимой концентрации по санитарным нормам), цинка 0,74 мг/л. Количество сухого остатка общего речной воды возросло бы с 225 до 350 мг/л за счет кальция и сульфатов.

Сброс неочищенных сточных вод флотационных фабрик, обогащающих никельсодержащие руды, в речную воду может вызвать резкое увеличение концентрации грубодисперсных примесей и соответственно снижение прозрачности и появление солей железа и никеля.

Сброс неочищенных сточных вод медных флотационных обогатительных фабрик может резко повысить рН речной воды и привести к увеличению концентрации грубодисперсных примесей, к повышению сухого остатка общего за счет кальция, магния, хлоридов и сульфатов. Из применяемых в процессе обогащения флотореагентов в реке ниже сброса неочищенных сточных вод может быть обнаружено до 0,6 мг/л ксантогенатов.

В качестве примера влияния сброса в реку неочищенных сточных вод от флотационного обогащения медно-молибденовых руд можно привести следующие данные: при прозрачности воды в реке выше сброса более 30 см, ниже сброса она составляла бы 0 см, через 5 км 0,5 см, через 15 км 2 см, через 35 км 3 см

В случае загрязнения грубодисперсными примесями наличие их можно проследить на расстоянии 35 км ниже сброса, где концентрация их более 1000 мг/л вместо 8 мг/л выше сброса. Непосредственно вблизи сброса в речной воде эти концентрации составляли бы: меди 3 мг/л (до сброса 0,03 мг/л), свинца 0,5 мг/л (до сброса 0,05 мг/л), нефтепродуктов (в частности керосина) 3,6 мг/л (в то время как до сброса сточных вод в речной воде нефтепродуктов не было). И на расстоянии 35 км ниже сброса содержание меди достигло бы 1,4 мг/л (в 15 раз выше предельно допустимой санитарной нормы), нефтепродуктов 1,0 мг/л (в 3 раза больше нормы).

Сброс в водоем неочищенных сточных вод молибдено-вольфрамовых обогатительных фабрик может привести к загрязнению рек грубодисперсными примесями, следы которых можно обнаружить выше сброса сточных вод при прозрачности воды более 30 см, ниже сброса на расстоянии 2 км концентрация грубодисперсных примесей ожидается равной 375 мг/л и прозрачность всего лишь 3,5 см. Ниже сброса даже через 90 км может быть обнаружено 33 мг/л грубодисперсных примесей и прозрачность воды составит только 8 см. В речной воде будет повышаться концентрация железа и нефтепродуктов.

Сбросы неочищенных сточных вод титано-магниевого флотационных обогатительных фабрик могут загрязнить реки фторидами, крезолом, нефтепродуктами.

Золотоискательные фабрики при сбросе неочищенных сточных вод могут загрязнить речные воды грубодисперсными примесями, цианидами, роданидами, солями меди, свинца, ртути, цинка и мышьяка.

Сброс неочищенных сточных вод свинцово-цинковых заводов также может оказать влияние на состав речных вод. В них ниже сброса стоков можно было бы найти и соли меди, свинца, цинка, кадмия, концентрация которых превышала предельно допустимые нормы в 8 и 10 раз.

Влияние сброса неочищенных сточных вод предприятий редкометаллической промышленности характеризуется следующими данными. Если выше сброса сточных вод речная вода бесцветная, без запаха, прозрачность ее более 25 см, щелочность 6,1 мг-экв/л, концентрация грубодисперсных примесей 26 мг/л, сухой остаток общий 1420 мг/л, хлоридов 44 мг/л, фторидов 0,4 мг/л, то в случае сброса таких вод на расстоянии 500 м ниже сброса показатели ее качества могут быть следующими: цвет желтый, запах землистый, прозрачность 0 и 1 см, щелочность 2,5 мг-экв/л, концентрация грубодисперсных примесей 15 850 мг/л, сухой остаток общий 1700 мг/л, хлориды 210 мг/л, фториды 13 мг/л.

Таким образом, совершенно очевидно, что предприятия цветной металлургии обязаны производить очистку производственных сточных вод, не допуская попадания загрязнений в водоемы.

Это особенно относится к флотационным обогатительным фабрикам.

Прежде чем говорить о применении тех или иных методов очистки сточных вод предприятий цветной металлургии от загрязняющих компонентов, необходимо рассмотреть имеющиеся возможности повторного использования воды, применения оборотного водоснабжения, снижения количества сбрасываемых сточных вод, изменения их химического состава. Для достижения этих целей может быть применен ряд технологических мероприятий, которые рассмотрены ниже

Технологические мероприятия

Одним из таких мероприятий является введение частичного или полного водооборота, а также повторное использование сточных вод [28].

На многих пирометаллургических заводах с успехом применяют водооборот, что значительно уменьшает сброс сточных вод, а соответственно и водопотребление. В настоящее время на ряде гравитационных и флотационных обогатительных фабрик также вводят водооборот. При этом следует иметь в виду, что подготовка воды для повторного использования в процессе флотации может быть иной, чем очистка ее для сброса в водоем.

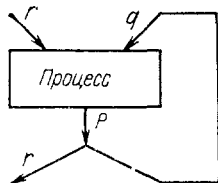


Рис 1 Схема расчета накопления вещества при введении оборотного цикла

Например, на одной из медно-молибденовых обогатительных фабрик сбрасываемые сточные воды флотации содержат грубодисперсные примеси и нефтепродукты (керосин), которые сильно загрязняют реку.

Для очистки сточных вод от этих компонентов необходима обработка известью, после чего они могут быть сброшены в водоем, но не могут быть повторно использованы, так как повышенное содержание кальция расстраивает процесс флотации. Если же эти стоки очистить только от грубодисперсных примесей, то наличие керосина, не допускающее сброс их в водоем, не мешает процессу флотации и они могут быть возвращены на фабрику. В отдельных случаях, содержание в сточных водах флотореагентов в том или ином количестве, требующее их очистки перед сбросом в водоем, можно сбалансировать при введении водооборота, снижая количество применяемых реагентов с таким расчетом, чтобы сумма веществ, имеющихся в воде и вводимых в технологию, дала то оптимальное количество, при котором процесс флотации идет наилучшим образом. Как можно видеть, введение водооборота в ряде случаев избавляет от необходимости очищать всю массу сточных вод для возможного сброса их в водоем и приводит к экономии применяемых на фабрике флотореагентов.

Автор считает, что мнение относительно бесконечного накопления в сточной воде того или иного вещества необоснованно, исходя из следующих соображений.

Если представить введение оборотного цикла водоснабжения с каким-то постоянным процентом выведения из него сточных вод и соответствующим пополнением свежей водой, то схема будет выглядеть, как изображено на рис. 1.

Принимаем следующие обозначения:

r — количество добавляемой в цикл свежей воды и количество сточных вод, сбрасываемых из цикла;

a — количество вещества, вымываемого из процесса с водой;

P — общее количество воды, выходящей из процесса;

q — количество оборотной воды.

Условно принимаем, что количество сбрасываемой из цикла воды r равно количеству свежей добавляемой в цикл воды и что общее количество выходящей из процесса воды P равно количеству оборотной воды q плюс количество свежей (или сбрасываемой) воды r :

$$P = r + q.$$

Для дальнейших расчетов принимаем обозначение

$$n = \frac{P}{q}.$$

Если количество выходящей воды $P = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$, а оборотной воды $q = 80 \text{ м}^3/\text{ч}$, то $n = 100 : 80 = 1,25$. Величина, обратная n и равная $\frac{1}{n}$, называется кратностью или частью оборотной воды. При расходе $P = 10 \text{ м}^3$ и обороте $q = 5 \text{ м}^3$ кратность $n = 2$, т. е. в оборот поступает половина, или 50% воды. При расходе $P = 20 \text{ м}^3$ и обороте $q = 4 \text{ м}^3$ кратность $n = 5$, т. е. в оборот поступает одна пятая, или 20% воды.

Допускаем, что при начале процесса, когда в него вводят всю необходимую воду ($P = r + q$), она вымывает a граммов вещества. При замыкании цикла, когда каждый следующий оборот, дающий в процесс r свежей и q оборотной воды, уже содержащей часть вымытого ранее вещества a , принимаем, что дополнительно вымоется тоже количество вещества, что и первоначально одной свежей водой, т. е. тоже a граммов вещества.

При этих допущениях выходит из процесса с P воды a вещества при начале цикла. В оборотной воде q окажется это вещество в количестве равном $\frac{a}{n}$.

Во второй цикл поступает r свежей воды, которая вымоет (по допущению) a вещества и q оборотной воды, содержащей $\frac{a}{n}$ вещества. Следовательно, выходящая из второго цикла вода P будет

содержать уже $a + \frac{a}{n}$ вещества и в оборотной воде окажется

количество вещества $\frac{a + \frac{a}{n}}{n} = \frac{a(1 + \frac{1}{n})}{n}$ и т. д.

При расположении данных по возрастающему ряду циклов получим формулы, приведенные в табл. 46.

Таблица 46

Ряд циклов оборотной воды

Номер цикла	Выходит с P из процесса	Остается с q в обороте
1	a	$\frac{a}{n}$
2	$a + \frac{a}{n} = \frac{a(1+n)}{n}$	$\frac{a + \frac{a}{n}}{n} = \frac{a(1+\frac{1}{n})}{n^2}$
3	$a + \frac{a(1+n)}{n^2} = \frac{an^2 + a(1+n)}{n^2} =$ $= \frac{a(1+n+n^2)}{n^2}$	$\frac{a(1+n+\frac{1}{n^2})}{n^3}$
4	$a + \frac{a(1+n+n^2)}{n^3} =$ $= \frac{a(1+n+n^2+n^3)}{n^3}$	$\frac{a(1+n+\frac{1}{n^3}+\frac{1}{n^4})}{n^4}$
m	$\frac{a(1+n+n^2+n^3+\dots+n^{m-1})}{n^{m-1}}$	$\frac{a(1+n+\frac{1}{n^m}+\frac{1}{n^{m+1}}+\dots+\frac{1}{n^{2m-1}})}{n^m}$

Получается возрастающая геометрическая прогрессия, первый член которой равен 1, а знаменатель прогрессии n .

Следовательно, по формуле суммы членов геометрической прогрессии выражение, заключенное в скобки:

$$1 + n + n^2 + n^3 + \dots + n^{m-1},$$

равно:

$$\frac{1(n^m - 1)}{n - 1}.$$

Подставив это значение в выражение остатка вещества в обороте при m циклах, получим

$$\frac{a(n^m - 1)}{n^m(n - 1)}.$$

Преобразуем для удобства рассуждения это выражение следующим образом:

$$\frac{a(n^m - 1)}{n^m(n - 1)} = \frac{a}{n - 1} \cdot \frac{n^m - 1}{n^m} = \frac{a}{n - 1} \left[1 - \frac{1}{n^m} \right].$$

Если теперь в полученное выражение подставить значение

$$n = \frac{P}{q},$$

то

$$\frac{a}{\frac{P}{q} - 1} \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{P}{q}\right)^m} \right] = \frac{a}{\frac{P - q}{q}} \left[1 - \left(\frac{q}{P}\right)^m \right] = \frac{aq}{P - q} \left[1 - \left(\frac{q}{P}\right)^m \right].$$

При неограниченно большом числе циклов m , т. е. когда $m \rightarrow \infty$, дробь $\left(\frac{q}{P}\right)^m \rightarrow 0$, так как q всегда меньше P и знаменатель дроби в пределе становится во много раз больше числителя, а следовательно, вся дробь стремится к 0.

При бесконечном числе циклов m выражение

$$\frac{aq}{P - q} \left[1 - \left(\frac{q}{P}\right)^m \right]$$

примет вид

$$A = \frac{aq}{P - q} = \frac{aq}{r},$$

где A — количество вещества, накапливаемое в оборотной воде при бесконечном числе оборотов;

a — количество первоначально вымываемого вещества;

q — количество оборотной воды;

r — количество сбрасываемой или добавляемой свежей воды.

Как можно видеть, это количество вещества A вполне конечно, ограничено и зависит от соотношения оборотной и освежающей воды, а не от числа циклов.

Р а с с м о т р и м п р и м е р. Расход сточных вод на флотационной обогатительной фабрике $P = 250 \text{ м}^3/\text{ч}$, они загрязнены нефтепродуктами, концентрация которых (при прямотоке) равна 10 мг/л . Принимаем водооборот с 30% освежения, т. е. на сброс будет поступать $r = 250 \cdot 0,3 = 75 \text{ м}^3/\text{ч}$; соответственно в системе оборотного водоснабжения будет находиться: $q = 250 - 75 = 175 \text{ м}^3/\text{ч}$. При этом освежение составит

$$n = \frac{P}{q} = \frac{250}{175} = 1,43 \text{ или } \frac{1}{n} = \frac{1}{1,43} = 0,7,$$

т. е. будет равно принятой нами величине (30%).

Подставив данные величины в формулу

$$A = \frac{aq}{r},$$

получим

$$A = \frac{10 \cdot 175}{75} = 23,3 \text{ мг/л}$$

и никак не больше при бесконечном числе оборотов.

Следует иметь в виду, что принятая в данном расчете концентрация нефтепродуктов, равная 10 мг/л, вымывается всем количеством (250 м³/ч) свежей воды, однако при дальнейших циклах она будет снижаться в результате того, что вымывание будет происходить не свежей водой, а оборотной, уже содержащей нефтепродукты. Следовательно, фактически количество вымываемого вещества от цикла к циклу будет уменьшаться. В приведенном же расчете допускается, что каждая добавка свежей воды r будет так же как и вначале, вымывать 10 мг/л нефтепродуктов. Это допущение приводит к некоторому завышению полученной концентрации нефтепродуктов (23,3 мг/л) в оборотной воде. Кроме того, здесь не учитываются естественные потери их при окислении, адсорбции, испарении и т. п.

Таким образом, очевидно, что при введении водооборота с 30% освежения количество накапливающихся нефтепродуктов при начальной их концентрации 10 мг/л не может быть выше 23,3 мг/л.

При освежении цикла в 40% предельное накопление нефтепродуктов в оборотной воде при той же их начальной концентрации, равной 10 мг/л, составит

$$A = \frac{10 \cdot 150}{100} = 15 \text{ мг/л}$$

и не более.

Для поддержания нормального процесса флотации необходимо добавлять в основной процесс нефтепродукты в меньшем количестве: в первом случае на 23,3 мг/л и во втором на 15 мг/л, так как они поступают с оборотной водой.

Воду используют повторно также и на предприятиях цветной металлургии, что приводит к снижению потребления свежей технологической воды. Например, на оловозаводе воду, охлаждающую плавильные печи, затем применяют для грануляции шлака, после чего она идет на орошение скрубберов газоочистки. На никелевом комбинате воду от охлаждения электроплавильных печей используют на флотационной обогатительной фабрике. На ряде полиметаллических комбинатов шахтные воды после осветления также используют на флотационных обогатительных фабриках.

Другим технологическим мероприятием, приводящим к изменению состава сбрасываемых сточных вод, особенно для обогатительных фабрик, является экономия применяемых в технологии реагентов и замена токсичных менее токсичными. Например,

применение бесфенольных вспенивателей приведет к тому, что сточные воды не будут содержать фенолов или крезолов и отпадет необходимость очистки их от этих соединений.

В настоящее время разработана технология обогащения свинцово-цинковых руд без применения циан-плава, так называемый бесциановый процесс. В результате широкого внедрения этого процесса сбрасываемые сточные воды не будут содержать такое токсичное загрязнение, как цианиды.

В ряде процессов на гидрометаллургических производствах применяют так называемую «репульпацию» кека, т. е. размывание твердых отходов водой и сброс их в промышленную канализацию. Это удаляет сток, чрезвычайно загрязненный и трудно очищаемый. Удаление обезвоженных кеков всухую, без размыва их водой, т. е. ликвидация процесса «репульпации» кека, приведет к резкому снижению загрязненности сточных вод.

На одном из сурьмяных производств кек, содержащий мышьяк в значительных количествах, получали при регенерации отработанных электролитов рафинирования сурьмы. После фильтр-прессов кек размывали водой и сбрасывали в канализацию в виде сильно загрязненных мышьяком сточных вод. В результате удаления кека без «репульпации» в специальные места, отведенные Государственной санитарной инспекцией, общий сток будет без этого загрязнения.

Одним из эффективных мероприятий, приводящих к снижению количества сбрасываемых сточных вод, является также экономия применяемой в технологическом процессе водопроводной воды. В настоящее время много воды расходуют без особой необходимости для ведения технологического процесса. Жесткая экономия в расходовании свежей воды снижает сброс сточных вод.

Значительного снижения загрязненности сбрасываемых сточных вод можно достичь, заменив устаревшее оборудование более совершенным. На одном из предприятий редкометаллической промышленности загрязненность сточных вод была обусловлена исключительно тем, что старые фильтр-прессы работали неисправно и своевременно не были заменены барабанными вакуум-фильтрами новейших марок. Вследствие этого до 40% продукции терялось со сточными водами, которые при сбросе загрязняли водоем. В цехе гидрометаллургии никеля из-за плохой работы фильтр-прессов в канализацию сбрасывали сточные воды, содержащие 120—200 мг/л карбоната никеля (в виде грубодисперсных примесей) вместо 10—20 мг/л, что приводило к загрязнению водоема.

Ликвидация переливов, разливов, своевременное устранение аварий, локализация аварийных сбросов и т. д. также приводят к значительному снижению как количества сбрасываемых сточных вод, так и их загрязненности. Особое внимание в этом отношении следует обратить на гидрометаллургических и серно-кислотных производствах.

Использование хвостохранилищ в качестве очистных сооружений

Во время нахождения сточных вод флотационных обогатительных фабрик в хвостохранилищах, особенно в летний период, протекает ряд процессов, приводящих к снижению концентрации загрязнений.

Поведение цианидов в водоемах исследовали Ю. Ю. Лурье и В. А. Панова [29, 30]. Они установили, что снижение концентрации цианидов в сточных водах, находящихся достаточно длительное время в хвостохранилищах, зависит от ряда факторов. Одним из них является выдувание цианидов в виде HCN, что связано со снижением pH воды за счет CO₂ воздуха.

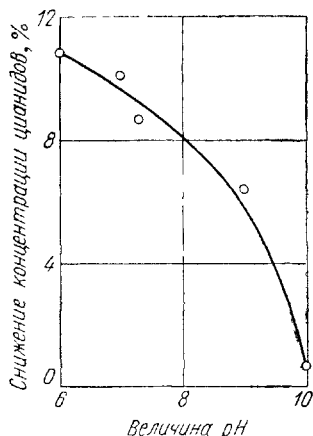
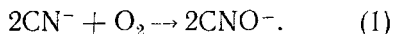


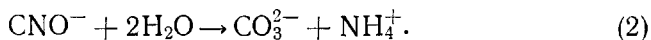
Рис. 2. Снижение концентрации цианидов в воде в зависимости от pH

На рис. 2 приведена зависимость снижения концентрации цианидов при их выдувке (аэрирование в течение 5 ч) от pH воды. Как можно видеть, при pH = 9,92 снижение концентрации цианидов составляет только 0,85%, в то время как при pH = 7,3 оно возрастает в 10 раз и составляет 8,8%.

Другим фактором, влияющим на снижение концентрации цианидов в хвостохранилище, является их биохимическое окисление:



Образующиеся при этом цианаты в дальнейшем постепенно гидролизуются до карбонатов и аммиака:

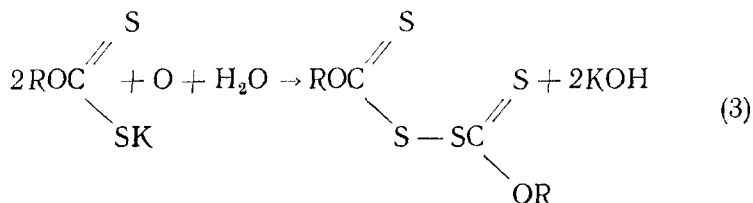


В этой же работе авторы показали, что цианиды в воде кислородом воздуха не окисляются, а при аэрации происходит вытеснение их из раствора CO₂ воздуха. Если при продувке воздуха через раствор простых цианидов с концентрацией 57—58 мг/л при pH = 8,5 за 10 ч концентрация их снизилась на 30%, то при всех равных условиях, в случае продувки воздуха, лишенного CO₂, снижение концентрации цианидов произошло только на 2%.

Ю. Ю. Лурье, В. А. Панова и Б. П. Краснов [31] изучали разложение ксантогенатов и дитиофосфатов в хвостохранилищах. Они установили, что скорость разложения ксантогената зависит от спиртового радикала, входящего в его состав, и снижается при переходе от низких спиртов к высшим. Данные по изменению концентрации при разложении растворов технических

этилксантогената калия и бутилксантогената натрия при $t = -20 \div 28^\circ \text{C}$ и $\text{pH} = 7,5$ приведены в табл. 47. Причиной разложения ксантогенатов является окисление их растворенным в воде кислородом. Также возможно снижение концентрации ксантогенатов при протекающих процессах биохимического окисления.

В результате окисления ксантогенатов образуется выпадающий в осадок диксантогенид:



Дитиофосфат, так же как и ксантогенаты, постепенно окисляется в воде растворенным в ней кислородом до ортофосфорной кислоты и метилмаленной (цитраконовой) кислоты, которая в дальнейшем может окислиться до CO_2 .

Таблица 47

Изменение концентрации при разложении растворов ксантогенатов во времени

Время выдержки, сутки	Концентрация, мг/л				
	этилксантогената калия		бутилксантогената натрия		
0	4,4	11,6	6,1	10,0	60,5
1	4,0	8,1	6,1	10,0	59,5
2	3,4	7,0	5,6	9,2	58,5
3	3,15	6,5	—	—	—
6	—	—	4,5	8,6	50,0
7	2,75	5,5	—	—	—
9	—	—	3,8	6,6	34,0
10	1,85	4,9	—	—	—
15	1,4	2,7	2,5	5,4	19,5
20	0	1,1	2,3	5,1	17,5

Таблица 48

Изменение концентрации при разложении раствора крезолового дитиофосфата во времени *

Время выдержки, сутки	Концентрация дитиофосфата, мг/л			
	0	0,195	0,495	1,0
1	0,195	0,472	0,955	1,955
3	0,195	0,450	0,920	1,93
4	0,18	0,425	0,815	1,80
5	0,176	0,390	0,765	1,70
9	0,165	0,375	0,735	1,595
15	0,115	0,285	0,56	1,06
21	0,105	0,215	0,40	0,69

* Приведены данные, пересчитанные на фосфор.

Данные по изменению концентрации при разложении раствора дитиофосфата во времени при температуре воды $18-20^\circ \text{C}$ и $\text{pH} = 7,75$ приведены в табл. 48.

По исследованиям авторов [32], pH воды также изменяется в результате взаимодействия с CO_2 воздуха. На рис. 3 приведена кривая снижения pH в зависимости от времени.

Разрушение фенолов в хвостохранилищах происходит довольно медленно в летнее время и совсем не наблюдается осенью [32].

Изменение концентрации при разложении растворов цианидов, фенолов и ксантогенатов в условиях хвостохранилища при температуре воды 8° С и при рН ≈ 9 приведено в табл. 49.

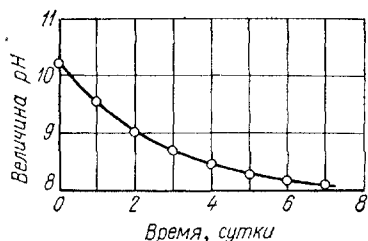


Рис. 3. Изменение рН воды во времени

Незначительное увеличение концентрации фенолов можно объяснить их поверхностно активными свойствами. Основная масса их сорбирована на твердых частичках пульпы, поступающей в хвостохранилище (из 0,3 мг/л фенолов сорбировано на твердой фазе 0,2 мг/л). По мере отстаивания пульпы наблюдается процесс старения осадка с уменьшением его сорбционной поверхности и находящиеся на ней молекулы фенола переходят в раствор. Так как дальнейшее разрушение фенола в растворе не происходит, он накапливается до определенной концентрации.

Таблица 49

Изменение концентрации при разложении раствора флотореагентов в хвостохранилище в зависимости от времени

Время выдержки, сутки	Концентрация флотореагентов, мг/л			Время выдержки, сутки	Концентрация флотореагентов, мг/л		
	цианиды	фенолы	ксантогенаты		цианиды	фенолы	ксантогенаты
0	14,6	0,125	0,4	5	—	0,265	0,07
1	14,5	0,137	0,3	6	8,5	0,250	0
2	11,6	—	—	7	—	—	0
3	9,5	0,215	0,21	8	—	0,235	—
4	8,9	0,250	0,13	9	7,5	—	—

Таблица 50

Изменение характеристики оборотной охлаждающей воды свинцового плавильного завода при прохождении через пруд

Показатели	Оборотная вода, сбрасываемая в пруд	Оборотная вода, забираемая из пруда для охлаждения
Цвет	Бесцветный	
Запах	Без запаха	
Прозрачность, см	20	>25
рН	7,2	7,0
Щелочность, мг-экв/л	1,4	1,2
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	122	Сл.
Окисляемость по КМnO ₄ , мг О на 1 л	16,9	11,1
Медь Cu ²⁺ , мг/л	0,8	0,01
Свинец Pb ²⁺ , мг/л	1,6	0,43

Таблица 51

Изменение характеристики сточных вод флотационных обогатительных фабрик при прохождении через хвостохранилище

Показатели	Свинцово-цинковые			Молибдено-вольфрамовые			Меднорудные			Медно-никелевые		
	До хвостохранилища	После хвостохранилища	снижение значений показателя, %	До хвостохранилища	После хвостохранилища	снижение значений показателя, %	До хвостохранилища	После хвостохранилища	снижение значений показателя, %	До хвостохранилища	После хвостохранилища	снижение значений показателя, %
Запах	Флото-реактивов	Без запаха	—	—	—	—	Флото-реактивов	Флото-реактивов	—	Флото-реактивов	Флото-реактивов	—
pH	8,3—11,0	7,9—10,3	—	9,4	9,4	—	11,5	11,2	—	6,8	6,7	—
Щелочность, мг-экв/л	5,6	2,0	64,4	7,4	5,4	30,0	29,0	21,0	28,0	0,51	0,61	—
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	233 000	143	99,94	189 000	54 300	70,0	44 250	20,0	99,96	196 600	520	99,7
Объем осадка, после 2-4 отстаивания, %	26,8	0,02	99,93	18,5	0	100	8,0	0	100	39,0	10,5	73,0
Сухой остаток общий, мг/л	830	560	33,5	1310	920	30,0	1950	1580	19,0	440	230	48,0

Показатели	Свинцово-цинковые			Молибдено-вольфрамовые			Меднорудные			Медно-никелевые		
	До хвосто- хранлища	после хвос- тохранлища	снижение значения показателя, %	До хвосто- хранлища	после хвос- тохранлища	снижение значения показателя, %	До хвосто- хранлища	после хвос- тохранлища	снижение значения показателя, %	До хвосто- хранлища	после хвос- тохранлища	снижение значения показателя, %
Окисляемость по KMnO ₄ в отстоен- ной воде, мг O на 1 л	58,5	30,2	48,4	44,3	25,2	44,0	—	—	—	36,0	11,2	69,0
Цианиды общие CN, мг/л	10,0	7,2	28,0	0,6	0,3	50,0	0,73	0	100	—	—	—
Свинец Pb ²⁺ , мг/л	0,8	0,53	33,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сосновое масло, мг/л	25,2	8,4	66,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Крезол, мг/л	16,0	4,3	73,0	—	—	—	—	—	—	7,4	3,2	57,0
Ксантогенаты, мг/л	2,4	2,2	8,4	5,0 } 5,0 }	2,0 } 2,0 }	60,0 } 60,0 }	1,6	0,8	50,0	0,9	0,7	22,0
Дигиофосфаты, мг/л	2,3	0,8	65,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Мышьяк As, мг/л	—	—	—	0,6	0,2	67,0	—	—	—	—	—	—
Нефтепродукты, мг/л	—	—	—	29,2	14,8	50,0	—	—	—	—	—	—
Терпинеол, мг/л	—	—	—	5,0	3,0	40,0	—	—	—	—	—	—

Аналогичное снижение концентрации загрязнений сточных вод наблюдается при их длительном отстаивании в пруде оборотного водоснабжения свинцового плавильного завода. Результаты анализа охлаждающей плавильные печи воды, сбрасываемой в пруд, и анализа той же воды после длительного отстаивания, забираемой из пруда на охлаждение, приведены в табл. 50.

В табл. 51 приведены фактические данные изменения состава сточных вод ряда флотационных обогатительных фабрик при прохождении через хвостохранилище.

Как можно видеть во всех случаях, кроме молибдено-вольфрамовых обогатительных фабрик, хвостохранилища отвечают своему назначению и осветляют стоки на 99,7—99,9%. Стоки же молибдено-вольфрамовых обогатительных фабрик осветляются только на 70%, что можно объяснить, по-видимому, применением в качестве одного из флотореагентов жидкого стекла, которое создает в воде в щелочной среде (рН сточных вод 9,4) коллоидную систему.

Снижение концентраций других компонентов сточных вод приведены также в табл. 51.

Глава III

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Методы очистки сточных вод от грубодисперсных примесей

Грубодисперсные примеси (взвешенные вещества) в сточных водах предприятий цветной металлургии различны по происхождению, составу и физико-химическим свойствам. В зависимости от этого для очистки стоков от таких примесей применяют также различные методы, от простого отстаивания и до коагулирования и применения флокулянтов.

Шахтные воды, как правило, загрязненные рудной мелочью, пустой породой (песок, глина), щепой от крепежного леса, различными твердыми включениями, фекалиями из санузлов. Концентрация грубодисперсных примесей в отдельных случаях достигает 2000 мг/л, из которых около 5% составляет потеря при прокаливании, характеризующая содержание органических веществ.

Сточные воды гравитационных обогатительных фабрик, в технологическом процессе которых не применяют флотореагенты, загрязнены грубодисперсными примесями (хвосты флотации, шламы, пески), состоящими из пустой породы, сопровождающей флотируемые минералы. Потеря при прокаливании грубодисперсных примесей гравитационных фабрик составляет 2,5% их общего количества.

Грубодисперсные примеси флотационных обогатительных фабрик (хвосты флотации, шламы) также представляют собой пустую породу, отделяемую от извлекаемых минералов флотацией. Однако в отличие от гравитационных процессов здесь применяют самые разнообразные флотореагенты, которые существенно влияют на физико-химические свойства грубодисперсных примесей. Ранее уже было отмечено, что при обогащении свинцово-цинковых руд на ряде фабрик работают с использованием в качестве реагента среды извести, рН хвостовой пульпы таких фабрик составляет ~ 10—11 и сточные воды очень легко и быстро осветляются при отстаивании в хвостохранилище. На ряде других свинцово-цинковых обогатительных фабрик применяют в качестве реагента среды соду. Величина рН хвостовой пульпы на этих производствах,

как правило, не превышает 8,5 и сточные воды при весьма длительном отстаивании (в течение нескольких месяцев) не осветляются.

В табл. 52 приведены сравнительные данные по отстаиванию хвостовых пульп двух свинцово-цинковых обогатительных фабрик, на одной из которых работают с применением извести, а на другой соды.

Т а б л и ц а 52

Осветление хвостовых пульп свинцово-цинковых обогатительных фабрик

Показатели	С применением извести		С применением соды	
	до хвостохранилища	после хвостохранилища	до хвостохранилища	после хвостохранилища
Прозрачность, см	0	6	0	0
pH	11,8	11,2	8,3	7,4
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	153 000	42	60 800	1340
Осветление, %	—	99,97	—	97,8

На молибдено-вольфрамовых и других обогатительных фабриках в качестве одного из флотореагентов применяют жидкое стекло (силикат натрия), которое создает в воде довольно стойкую (при определенных значениях pH) коллоидную систему. В таких условиях отстаивание грубодисперсных примесей происходит плохо.

При изучении физико-химических свойств указанных пульп следует также иметь в виду, что на каждой твердой частичке грубодисперсных примесей сорбированы флотореагенты, особенно относящиеся к группе поверхностно активных (собиратели-коллекторы, вспениватели), которые также влияют на степень и скорость выпадения частиц в осадок.

Большое значение при отстаивании хвостовых пульп имеет также гидравлическая характеристика самой пустой породы (песок ли это или глина), а также степень ее измельчения в шаровых мельницах. В отдельных случаях имеет место переизмельчение [когда частички пустой породы получают меньше заданных (менее 50—70 мк)], которое также затрудняет осветление пульпы в хвостохранилище.

Концентрация грубодисперсных примесей флотационных обогатительных фабрик зависит от принятого в технологии соотношения Т : Ж (твердого к жидкому), которое бывает равным 1 : 3, 1 : 4, 1 : 8, и даже 1 : 12.

Грубодисперсные примеси гидromеталлургических производств носят совершенно иной характер и, как правило, пред-

ставляют собой шламы (репульпированные кеки), удаляемые из процесса, или потери производства.

Например, при электролитическом рафинировании меди или никеля в шламы электролитных ванн переходят примеси, содержащиеся в черновых меди или никеле. При регенерации и корректировке электролитов шламы отделяются и смываются водой в промышленную канализацию, образуя грубодисперсные примеси гидromеталлургических производств.

Ранее были рассмотрены случаи неоправданных потерь в виде грубодисперсных примесей (из-за неисправности фильтр-прессов или неправильной эксплуатации вакуум-фильтров) карбоната никеля или концентратов свинца, меди, цинка и т. д.

Грубодисперсные примеси пирометаллургических производств представляют собой в основном гранулированные шлаки или песок. Потеря при прокаливании такого рода грубодисперсных примесей практически равна нулю. Концентрация их зависит от расхода воды, употребляемой на грануляцию шлака и предназначенной для его транспортировки.

Простейший метод очистки сточных вод от грубодисперсных примесей — отстаивание. Степень необходимого осветления воды при отстаивании зависит от дальнейшего использования или от того водоема, в который ее сбрасывают.

Например, при использовании шахтных вод в процессах гравитации нет необходимости полного осветления воды и содержание в ней 50—100 мг/л грубодисперсных примесей не осложняет обогащение. В других случаях, когда воду сбрасывают в чистые водоемы и концентрация грубодисперсных примесей не должна быть такой, чтобы после смешения их концентрация увеличилась более чем на 0,25—0,75 мг/л по сравнению с природной, требуется более полное и глубокое осветление.

Обычное расчетное время отстаивания принимают не менее 2 ч, однако выделение из сточных вод пирометаллургических производств таких грубодисперсных примесей, как гранулированный шлак, требует значительно меньшего времени (15—20 мин), а осветление хвостовой пульпы обогатительных фабрик в хвостохранилище рассчитано на время не менее 8 ч.

Таким образом, оптимальное время отстаивания зависит от характера грубодисперсных примесей и определяется изучением кинетики выпадения частиц за время отстаивания 5, 10, 15, 30, 45, 60 мин, 2 и 24 ч. Методика названного определения опубликована в книге Ю. Ю. Лурье и А. И. Рыбниковой [33].

Если простым отстаиванием требуемой степени очистки от грубодисперсных примесей за приемлемые сроки пребывания сточной воды в отстойных сооружениях не достигают, то необходимо применять коагулирование.

Коагулянтами могут служить известь $\text{Ca}(\text{OH})_2$, сульфат железа (II) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, и сульфат железа (III) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

хлорид железа (II) FeCl_2 и хлорид железа (III) FeCl_3 , сульфат алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ или их смеси.

Практика показала, что при коагулировании сточных вод известью расход ее для разных производств составляет от 50 до 500 мг/л активной окиси кальция. При этом необходимую дозу извести рекомендуется вводить в сточную воду в виде известкового молока, содержащего 5—10% активной CaO . Коагулирование сульфатом алюминия на одной из флотационных обогатительных фабрик приводило к полному осветлению сточных вод и отстаиванию грубодисперсных примесей при дозе его 150 мг/л.

Ввиду разнообразия сточных вод по происхождению и химическому составу, а также в зависимости от различного характера грубодисперсных примесей, рекомендовать какую-то постоянную определенную дозу коагулянта для всех возможных вариантов промышленных стоков невозможно. Поэтому при проектировании новых предприятий приходится пользоваться данными, полученными ранее для аналогичных производств. Для действующих же предприятий необходимо проводить пробное коагулирование реальной сточной воды для выявления всех условий очистки: времени отстаивания, оптимальной дозы коагулянтов, pH очищенной воды, остаточной концентрации грубодисперсных примесей, объема получающегося осадка и т. п. (Методику проведения пробного коагулирования см. в приложении III). Для уменьшения времени отстаивания скоагулированных грубодисперсных примесей и для получения осадков меньших объемов в более короткий срок к сточным водам можно добавлять синтетические флокулянты, в частности полиакриламид $(\text{CH}_2\text{CHCONH}_2)_n$, высокомолекулярные полимеры типа КОДТ (продукт конденсации кубовых остатков гексаметилендиамина, таллового масла и дихлорэтана), ПАНГ — гидролизованный полиакрилонитрил, полихлормиозид и др.

Полиакриламид вводят в сточную воду только через 1—2 мин после добавления к ней коагулянта, т. е. не ранее того момента, когда хлопья полностью сформировались [34]. Полиакриламид как бы сшивает отдельные хлопья в более крупные агрегаты, которые быстрее отстаиваются. Если без применения полиакриламида осадок занимает после 2-ч отстаивания 30% объема очищаемой сточной воды и его влажность равна 98%, то с применением полиакриламида эти объем и влажность отмечаются уже после 20-мин отстаивания, а после 2-ч отстаивания объем составляет 10% при влажности 95%. Однако после 24-ч отстаивания оба осадка обладают одинаковыми объемами и влажностью, т. е. преимущества применения полиакриламида сказываются только на начальной стадии процесса (рис. 4). Таким образом, полиакриламид способствует сокращению времени отстаивания (для получения заданного объема осадка) или уменьшению объема и влажности осадка (после заданного времени отстаивания 1—2 ч),

что в свою очередь позволяет сократить объемы очистных сооружений.

Применяют полиакриламид в виде 0,05—0,1%-ного водного раствора [35]. Оптимальное значение pH флокулирующего действия полиакриламида 6—9. Необходимую дозу полиакриламида подбирают экспериментально, и при обработке, например,

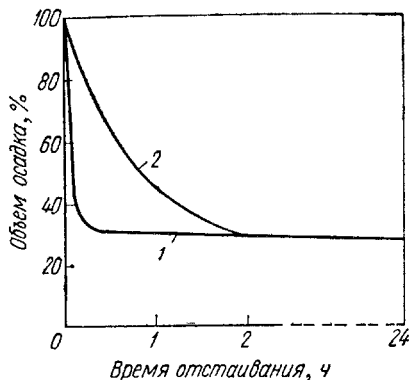


Рис. 4. Влияние добавки полиакриламида на выпадение осадков:

1 — с добавкой полиакриламида; 2 — без полиакриламида

питьевой воды расход его изменится в пределах 0,25—1,5 мг/л в пересчете на 8%-ный гель.

Кроме отстаивания, для осветления сточных вод в отдельных случаях при относительно небольших расходах (например, стоки гидрометаллургических производств или сливы со сгустителей флотационных обогатительных фабрик) можно применять фильтрование.

Методы очистки сточных вод от кислот (нейтрализация)

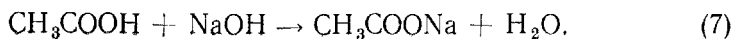
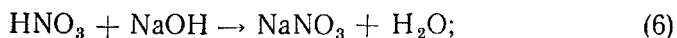
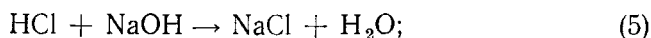
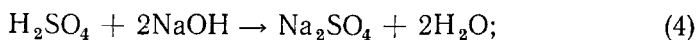
Сточные воды, загрязненные кислотами, сбрасывают гидрометаллургические заводы,

медные рудники, побочные производства предприятий цветной металлургии, такие, например, как сернокислотное и др. Наиболее часто встречающиеся кислоты это серная, соляная, азотная, реже уксусная и фтористоводородная (плавиковая). Часто, кроме кислот, в этих стоках содержатся растворенные соли тяжелых металлов, мышьяк, фториды и др. Методы очистки сточных вод от этих загрязняющих веществ будут рассмотрены ниже.

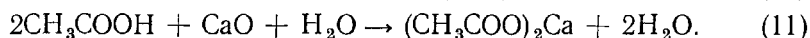
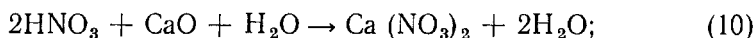
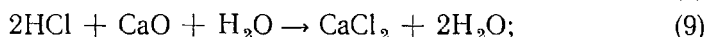
Нейтрализовать кислоты можно любыми щелочами: едким натром, едким кали, известью, известняком или доломитом, мелом, магнезитом, мрамором, содой, отходами щелочей и т. п. [36, 37].

Ниже приведены реакции нейтрализации серной, соляной, азотной и уксусной кислот.

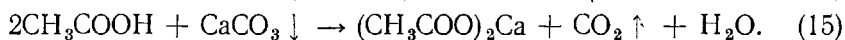
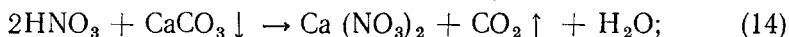
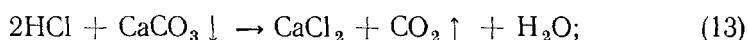
Нейтрализация едким натром (или едким кали):



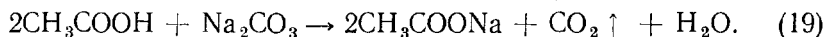
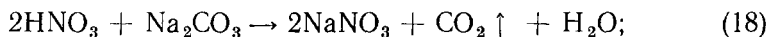
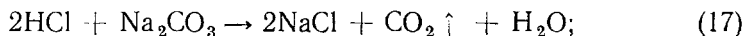
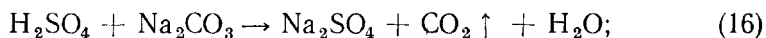
Нейтрализация окисью (гидроокисью) кальция (известью):



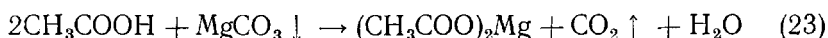
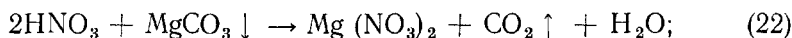
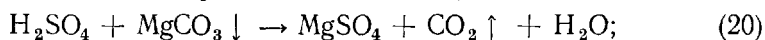
Нейтрализация карбонатом кальция (известняком, мелом, мрамором):



Нейтрализация карбонатом (бикарбонатом) натрия (содой):



Нейтрализация карбонатом магния (магнезитом):



Из рассмотрения реакций (4)—(7) следует, что при нейтрализации любой из указанных кислот едкими щелочами образуются хорошо растворимые в воде соли и никакие осадки не выпадают. При нейтрализации кислот гидроокисью кальция [реакции (8)—(11)], карбонатом кальция [реакции (12)—(15)] выделяется двуокись углерода, а при нейтрализации серной кислоты в осадок выпадает сульфат кальция — гипс (произведение растворимости $2,37 \cdot 10^{-5}$, растворимость 0,2036 г в 100 г воды при 20°). Нейтрализация карбонатом натрия сопровождается выделением CO_2 , приводящим к образованию пены.

По технико-экономическим условиям наиболее дешевым реагентом в настоящее время является гидроокись кальция.

На основе реакций (4)—(23) рассчитывают необходимую дозу реагентов и полученную величину увеличивают на 5%.

В табл. 53 приведены подсчитанные на основе реакций количества различных щелочных реагентов, необходимые для нейтрализации кислот.

Т а б л и ц а 53

Теоретическое количество щелочного реагента, необходимое для нейтрализации 1 г кислот

Щелочной реагент	Расход щелочного реагента, г при нейтрализации кислот			
	серной H ₂ SO ₄	соляной HCl	азотной HNO ₃	уксусной CH ₃ COOH
«Активная» окись кальция СаО	0,57	0,77	0,44	0,47
Гидроокись кальция (известь гашеная), Са (ОН) ₂	0,75	1,01	0,59	0,62
Едкий натр NaOH	0,82	1,09	0,63	0,67
Едкое кали КОН	1,14	1,53	0,89	0,94
Карбонат кальция (известняк, мел, мрамор) СаСО ₃	1,02	1,37	0,80	0,83
Карбонат магния (магнезит) MgCO ₃	0,86	1,15	0,67	0,70
Карбонат натрия (кальцинированная сода Na ₂ CO ₃)	1,09	1,45	0,84	0,89

Из реакций (12)—(15) и (20)—(23) видно, что для нейтрализации указанных кислот можно применять непрерывно действующие фильтры, загруженные кусковым мелом, известняком, магнезитом, мрамором, доломитом и т. п.

При нейтрализации кислот необходимо соблюдать два следующих условия:

1. Концентрация серной кислоты не должна превышать 1,5%, так как при большей концентрации количество образующегося сульфата кальция выше его растворимости и он начинает выпадать в осадок, который, покрывая поверхность нейтрализующей загрузки, затрудняет доступ к ней кислоты, и нейтрализация прекращается.

Исключение представляет загрузка карбоната магния, так как растворимость сульфата магния составляет 35,5 г в 100 г воды при 20° С (данные для MgSO₄ · 7H₂O [38]).

2. Нейтрализуемая кислая сточная вода не должна содержать растворенных солей металлов, так как при повышении рН более 7, т. е. при нейтрализации, они будут выпадать в осадок в виде соответствующих гидроокисей, которые закальматируют фильтр. Для непрерывно действующего фильтра рекомендуют применять начальную крупность загрузки 3—8 см, воду фильтровать снизу вверх с расчетной скоростью не более 5 м/ч и временем контакта не менее 10 мин.

Если в качестве нейтрализующего материала применяют гидроокись кальция, то необходимую дозу ее для нейтрализации

серной кислоты рассчитывают только по «активной» окиси кальция, определяемой сахаратным методом [39], при этом берут не менее 105% от количества, найденного по реакции и указанного в табл. 53.

Если нейтрализуют соляную, азотную или уксусную кислоту, то дозу гидроокиси кальция, определяемую по «активной» окиси кальция, принимают равной 95% от рассчитанной по реакциям и 105% при определении общей щелочности реагента. Это различие можно объяснить тем, что указанные кислоты реагируют одинаково хорошо как с CaO, так и с CaCO₃, все время, при нейтрализации же серной кислоты реакция с CaCO₃ быстро прекращается из-за образования труднорастворимого сульфата кальция и щелочной резерв реагента до конца не используется.

Если в подлежащих нейтрализации сточных водах содержится серная кислота, в которой растворены катионы тяжелых металлов, например, железа, что имеет место на заводах по обработке цветных металлов, на некоторых металлургических заводах на различных сопутствующих производствах и т. п., то при обработке известковым молоком образуются осадки, содержащие в основном сульфат кальция (гипс) и гидроокиси (а для железа — гидрозакись) металлов. Характеристика осадка такого рода приведена в табл. 54.

Т а б л и ц а 54

Характеристика осадка, получаемого при нейтрализации сернокислотных железосодержащих сточных вод известковым молоком

Время отстаивания, ч	Объем осадка, % по отношению к объему нейтразуемой сточной воды	рН	Содержание, мг/л					Влажность осадка, %
			Fe ²⁺	Fe ³⁺	Fe _{общ}	CaO	SO ₄ ²⁻	
2	30	11,0	8660	1210	9870	18 490	22 350	90,5
24	26	11,3	7770	1990	9760	20 090	22 380	84,0

Обезвоживание осадков, содержащих сульфат кальция и гидроокиси, на иловых площадках с дренажем или на вакуум-фильтрах протекает весьма плохо, так как дренирующие или фильтрующие поверхности кальматируются гидрозакисью и гидроокисью железа, которые в свою очередь чрезвычайно трудно отдают воду.

Согласно исследованиям Л. Г. Пирогова *, осадок, состоящий из гидроокиси железа, представляет собой микродисперсную

* Пирогов Л. Г. Автореферат диссертации. Москва, 1967.

структуру со сжимаемым скелетом, распределение влаги (по массе) по формам ее связи в котором следующее:

1) вода осмотическая, не удаляемая из осадка при его отстаивании, но которую можно выделить при вакуум-фильтровании, центрифугировании или термическом высушивании в количестве 85, 13 г/г;

2) вода, иммобилизованная структурой, которая остается в осадке при его отстаивании или обезвоживании на вакуум-фильтрах и может быть удалена только при центрифугировании или при высушивании в количестве 14,85 г/г;

3) вода микропор, которая не может быть удалена из осадка ни одним из известных (кроме высушивания) способов его обезвоживания (отстаивание, вакуум-фильтрование, центрифугирование) в количестве 7,29 г/г;

4) вода полимолекулярной адсорбции, также остающаяся в осадке после указанных выше способов обезвоживания в количестве 1,49 г/г;

5) вода мономолекулярной адсорбции, не удаляемая из осадка ни одним из всех известных способов в количестве 0,20 г/г.

Отсюда следует, что после обычного отстаивания в гидратных осадках остается $85,13 + 14,85 + 7,29 + 1,49 + 0,20 = 108,96$ г/г воды, из которой 85,13 г/г может быть удалено при вакуум-фильтровании и 99,98 г/г при центрифугировании.

После вакуум-фильтрования в осадке еще останется 23,83 г/г воды, а после центрифугирования 8,98 г/г. Таким образом, не удаляемый никакими из названных способов остаток воды в гидратном осадке составляет 8,98 г/г. Из сказанного совершенно очевидно, что обычным отстаиванием практических результатов обезвоживания гидратных осадков достичь невозможно. Между тем также становится очевидным большое значение механического обезвоживания осадка на вакуум-фильтрах или центрифугах. Однако и вакуум-фильтрование осадков не во всех случаях дает благоприятные результаты. Факторами, которые могут влиять на обезвоживаемость осадков, являются количество сухого вещества в осадке M , величина вакуума, время фильтрования, время предварительного отстаивания, соотношение в осадке закисного и окисного железа, соотношение железа и сульфата кальция, применение так называемого «оборотного осадка», добавление при нейтрализации карбоната кальция, аэрирование для окисления двухвалентного железа до трехвалентного, величина рН.

Показателями хорошей или плохой фильтруемости осадков являются следующие факторы:

1. Среднее удельное сопротивление осадка фильтрованию r_m , определяемое на основании уравнения Рута—Кармана. Это уравнение наиболее полно охватывает теорию фильтрования с учетом скорости фильтрования, давления (или прилагаемого вакуума), способности осадка к влагоотдаче и величины его среднего удель-

ного сопротивления фильтрованию r_m , означающего сопротивление, приходящееся на единицу поверхности осадка, количество сухого вещества в котором (M) равно единице.

Среднее удельное сопротивление осадка фильтрованию r_m вычисляют по формуле

$$r_m = \frac{\Delta P \tau F}{\mu l V} = \frac{1}{m^2}, \text{ или } m^{-2},$$

где ΔP — разность давлений (создаваемый вакуум), $\text{кг}/\text{м}^2$;

τ — продолжительность фильтрования, сек ;

F — поверхность фильтрования, м^2 ;

μ — вязкость жидкой фазы, $\text{кг} \cdot \text{сек}/\text{м}^2$;

l — высота слоя осадка, м ;

V — объем фильтрата, м^3 .

Данные, входящие в эту формулу, можно определить на приборе с фильтрующей воронкой*.

Среднее удельное сопротивление осадка фильтрованию r_m для плохо обезвоживающихся осадков находится в пределах $84 \cdot 10^{10} - 160 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-2}$, а для хорошо обезвоживающихся $r_m = 17 \cdot 10^{10} - 20 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-2}$, откуда оптимальное значение должно быть менее $20 \cdot 10^{10} - 25 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-2}$.

2. Высота слоя получающегося кека.

3. Масса кека.

4. Влажность кека.

5. Объем фильтрата.

Рассмотрим влияние каждого из указанных факторов на обезвоживаемость гидратных осадков.

1. Концентрация сухого вещества (M), по данным А. М. Кукушкина [40] и затем Н. И. Пышкиной**, оказывает большое влияние на обезвоживание осадков:

$$M = \left(\frac{X_1 + X_2 + X_3 + Y_1 + Y_2}{1 + Z} \right) - 2^{***} \text{ кг}/\text{м}^3,$$

где X_1 — количество активной CaO , необходимое для осаждения железа, $\text{кг}/\text{м}^3$;

X_2 — количество образующегося сульфата кальция, $\text{кг}/\text{м}^3$;

X_3 — количество образующейся гидроксидной кислоты железа, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Y_1 — количество активной CaO , необходимое для нейтрализации серной кислоты, $\text{кг}/\text{м}^3$;

* Соколов В. П. Автореферат диссертации. Москва, 1967.

** Пышкина Н. И. Автореферат диссертации. Москва, 1967.

*** Данная формула справедлива при использовании извести, содержащей 50% активной CaO . При другом содержании активной CaO первый член справа умножают на $\frac{100 - a}{a}$, где a — процент активной CaO в применяемой товарной

извести, и в этом случае значения X_1 и Y_1 соответствуют не количеству активной CaO , необходимому для реакции, а количеству инертных примесей в товарной извести, не вступающих в реакции и переходящих в осадок.

Y_2 — количество образующегося сульфата кальция, кг/м³;
 l — объем нейтрализуемой сточной воды, м³;
 Z — объем известкового молока, в котором содержится
 необходимое для нейтрализации количество активной
 CaO ($X_1 + Y_1$), м³;
 2 — растворимость сульфата кальция в воде, кг/м³.

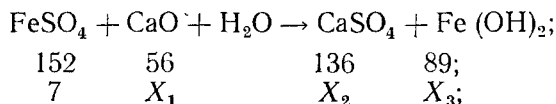
Здесь X_1 , X_2 и X_3 определяют по реакции



а Y_1 и Y_2 — по реакции (8).

Содержание в нейтрализуемой сточной воде FeSO_4 и H_2SO_4 следует предварительно определить химическим анализом, а необходимый расход активной CaO вычисляют по реакции (8) и (24).

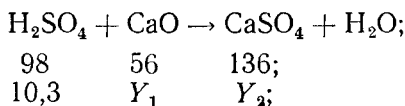
Пример расчета M . В результате химического анализа найдено, что подлежащая нейтрализации сточная вода содержит 7 г/л FeSO_4 и 10,3 г/л H_2SO_4 . Тогда на основе реакции (24) находим:



$$X_1 = \frac{7 \cdot 56}{152} = 2,6 \text{ г/л}; \quad X_2 = \frac{7 \cdot 136}{152} = 6,2 \text{ г/л};$$

$$X_3 = \frac{7 \cdot 89}{152} = 4,1 \text{ г/л}.$$

По реакции (8) находим:



$$Y_1 = \frac{10,3 \cdot 56}{98} = 5,9 \text{ г/л};$$

$$Y_2 = \frac{10,3 \cdot 136}{98} = 14,3 \text{ г/л}.$$

Известковое молоко применяют при концентрации активной CaO, равной 3,74%, т. е. нужное количество CaO $Z = X_1 + Y_1$ содержится в объеме 0,227 м³.

Отсюда концентрация сухого вещества в осадке будет

$$M = \left(\frac{2,6 + 6,2 + 4,1 + 5,9 + 14,3}{1 + 0,227} \right) - 2 = 25 \text{ кг/м}^3.$$

В табл. 55 приведены данные, характеризующие влияние величины M , на обезвоживаемость осадков.

Изменение среднего удельного сопротивления осадка фильтрованию r_m в зависимости от концентрации сухого вещества M

Концентрация сухого вещества в осадке M , $кг/м^3$	Среднее удельное сопротивление осадка фильтрованию r_m , $м^{-2}$	Характеристика кека			Объем фильтрата, л	Фильтруемость
		высота слоя, мм	масса, г	влажность, %		
2,92	$157 \cdot 10^{10}$	1,0	11	83,0	0,152	Плохая
5,84	$83,6 \cdot 10^{10}$	1,0	10	81,7	0,128	
27,6	$17,1 \cdot 10^{10}$	7,5	95	73,4	0,255	Хорошая
52,4	$19,8 \cdot 10^{10}$	7,0	92	74,1	0,211	

Во всех приведенных опытах вакуум поддерживали равным 500 мм рт. ст., время фильтрования равнялось 1 мин., железо содержалось в закисной форме (Fe^{2+}).

Из данных табл. 55 следует, что при M менее $25 кг/м^3$ осадок обезвоживается весьма плохо и значение r_m намного больше

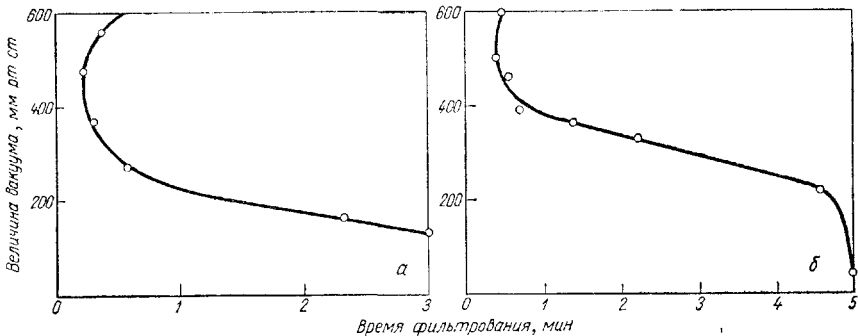


Рис. 5. Зависимость времени фильтрования от величины вакуума:

а — $M = 10,4 кг/м^3$, объем фильтрата 10 мл, отношение $CaSO_4$ к $Fe(OH)_3$ равно 5 : 1;
б — $M = 10,4 кг/м^3$ объем фильтрата 10 мл, отношение $CaSO_4$ к $Fe(OH)_3$ равно 3 : 1

$20 \cdot 10^{10} - 25 \cdot 10^{10} м^{-2}$. При M более $25 кг/м^3$ осадок обезвоживается хорошо и величина r_m составляет менее $20 \cdot 10^{10} м^{-2}$

2. Влияние величины вакуума на обезвоживаемость осадков иллюстрирует рис. 5. Из данных этого рисунка следует, что при увеличении вакуума время фильтрования возрастает, что указывает на влияние явления кальматации. Следовательно, оптимальное разрежение должно быть $\sim 400-500 мм рт. ст.$

3. Увеличение времени фильтрования (см. рис. 5) не улучшает обезвоживание осадков, а наоборот, ухудшает процесс, и оптимальным значением следует считать 1—2 мин.

4. Время предварительного отстаивания осадков перед их вакуум-фильтрованием не оказывает существенного влияния на процесс. Из данных табл. 56 следует, что влажность пульпы после 9-суточного отстаивания снижается с 98,3 до 96,2% и соответственно влажность получающегося после вакуум-фильтрования кека снижается с 88,5 до 83,0%. В данном случае фильтрованию подвергали осадок, заведомо плохо обезвоживающийся с M менее 25 кг/м^3 и r_m более $20 \cdot 10^{10} \div 25 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-2}$.

Т а б л и ц а 56

Влияние времени предварительного отстаивания осадков на их обезвоживание

Время отстаивания, ч	Среднее удельное сопротивление осадка фильтрованию $r_m \text{ м}^{-2}$	Влажность пульпы %	Характеристика кека			Объем фильтра-та, л
			высота слоя, мм	масса, г	влаж-ность, %	
2	$392 \cdot 10^{10}$	98,3	4,0	40,5	88,5	0,374
24	$290 \cdot 10^{10}$	97,8	3,5	33,7	87,6	0,262
48	$257 \cdot 10^{10}$	97,4	2,3	21,0	83,0	0,159
120	$297 \cdot 10^{10}$	96,6	3,0	35,0	87,0	0,161
216	$291 \cdot 10^{10}$	96,2	2,0	18,0	83,0	0,077

П р и м е ч а н и е. При $M = 2,92 \text{ кг/м}^3$ и вакууме 600 мм рт. ст.

5. Влияние соотношения в осадке двух- и трехвалентного железа на его обезвоживание приведено в табл. 57, из которой следует, что даже полное окисление Fe^{2+} до Fe^{3+} не приводит к существенному улучшению вакуум-фильтрования.

Исследованию, так же как и при выяснении влияния предварительного отстаивания, подвергали заведомо плохо обезвоживающийся осадок с M менее 25 кг/м^3 и r_m более $20 \cdot 10^{10} - 25 \times 10^{10} \text{ м}^{-2}$.

6. На обезвоживаемость осадков при помощи вакуум-фильтров очень большое влияние оказывает соотношение количества сульфата кальция и гидроксиды (или гидроокиси) железа. На рис. 6 приведена кривая времени фильтрования осадка при различном соотношении сульфата кальция и гидроксиды (или гидроксиды) железа. При этом величина удельного сопротивления осадка фильтрованию по мере уменьшения содержания сульфата кальция увеличивается следующим образом. Для осадка, содержащего 100% сульфата кальция, $r_m = 5,22 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-2}$; для осадка с отношением сульфата кальция к железу 5 : 1 (80% сульфата кальция) $r_m = 20,6 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-2}$; для осадка с отношением сульфата

кальция к железу 3 : 1 (66,7% сульфата кальция) $r_m = 22,8 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-2}$; для осадка с отношением сульфата кальция к железу 2,2 : 1 (54,6% сульфата кальция) $r_m = 43,9 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-2}$; для осадка с отношением сульфата кальция к железу 1,5 : 1 (33,3% сульфата

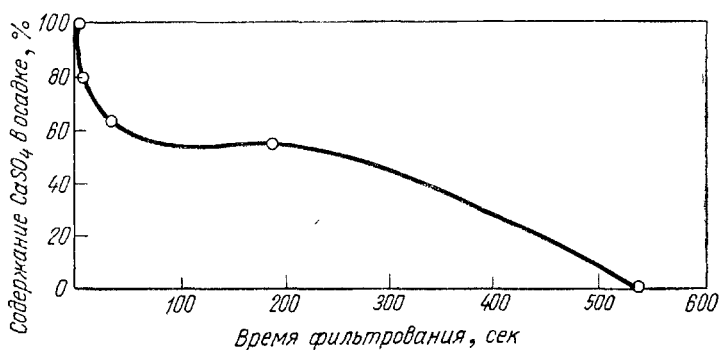


Рис. 6. Влияние отношения CaSO_4 к гидрозакиси (гидроокиси) железа в осадке на время его фильтрации под вакуумом ($P = 50 \text{ мм рт. М} = 10 \text{ кг/м}^3$; объем фильтрата 10 мл)

кальция) $r_m = 52,9 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-2}$; для осадка, содержащего 100% гидрозакиси (гидроокиси) железа $r_m = 123 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-2}$. Отсюда следует, что даже при неблагоприятной величине M количество сухого вещества в осадке равно 10 кг/м^3 , что намного меньше опти-

Таблица 57 -

Влияние соотношения двух- и трехвалентного железа в осадке на его обезвоживание

Соотношение двух- и трехвалентного железа в осадке	Среднее удельное сопротивление осадка фильтрации $r_m, \text{ м}^{-2}$	Характеристика кека			Объем фильтрата, л
		высота слоя, мм	масса, г	влажность, %	
Одно закисное железо FeSO_4	$157 \cdot 10^{10}$	1,0	11,0	83,0	0,152
Окислено до Fe^{3+} 47% всего железа	$295 \cdot 10^{10}$	1,0	13,0	75,5	0,067
Окислено до Fe^{3+} 100% всего железа	$268 \cdot 10^{10}$	1,3	13,4	81,0	0,154
Одно окисное железо $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	$178 \cdot 10^{10}$	0,8	8,7	76,3	0,173

Примечание. При $M = 2,92 \text{ кг/м}^3$ и вакууме 500 мм рт. ст.

мальных 25 кг/м^3 , соотношение в осадке сульфата кальция и железа является одним из решающих факторов, влияющих на механическое обезвоживание. При этом наилучшим отношением сульфата кальция к железу является 3 : 1 и более, значение r_m при этом меньше $20 \cdot 10^{10} - 25 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-2}$.

7. По данным А. М. Кукушкина [40, 41], применение «оборотного осадка» также улучшает процессы отстаивания и механического обезвоживания осадков. Сущность метода применения «оборотного осадка» сводится к следующему: после аналитического определения в подлежащей нейтрализации сернокислотной железосодержащей сточной воде сульфатов и общего железа по реакциям (24) и (8) подсчитывают необходимое количество известкового молока. Затем по формуле определяют величину M и соответственно полученным данным в пусковой период приготавливают начальное количество «оборотного осадка». Для этого определенный объем сточной воды, характеризуемой найденной величиной M сухого вещества, нейтрализуют рассчитанным количеством известкового молока, чтобы рН был не менее 10. Раствор отстаивают в течение 24 ч; осветленную воду отбрасывают, а осадок высушивают при 105°C до воздушно-сухого состояния и тщательно измельчают.

Для нейтрализации следующей порции воды с тем же значением M полученный порошок сухого осадка смешивает с необходимым для нейтрализации количеством известкового молока и вносят в сточную воду. После тщательного 10-мин перемешивания и последующего 24-ч отстаивания нейтрализованную воду с рН не менее 10 отбрасывают, а выпавший осадок представляет собой «оборотный осадок» первого цикла.

Во втором цикле к осадку, полученному после первого цикла, добавляют известковое молоко в количестве, необходимом для нейтрализации следующей порции сточной воды. Полученную смесь тщательно перемешивают в течение 10 мин и вносят в сточную воду. После перемешивания и отстаивания в течение суток осветленную воду отбрасывают, а полученный осадок второго цикла используют также в третьем цикле. Таким образом, проводят не менее пяти-шести циклов, после которых полученный осадок принимают в качестве «оборотного».

Сточные воды с применением «оборотного осадка» нейтрализуют по следующей схеме. В сточную воду вносят известковое молоко в количестве, рассчитанном по реакциям (24) и (8), к которому добавлено 20—25 % от объема суммы сточных вод и известкового молока подготовленного «оборотного осадка», предварительно отстоянного в течение 2 или 24 ч. Ориентировочно в «оборот» отбирают 65—70% (объемн.) образующегося при нейтрализации осадка. Нейтрализацию с применением «оборотного осадка», как обычно, проводят в камере-реакции со временем перемешивания 5—10 мин. Далее, нейтрализованную сточную воду подают

в отстойник, рассчитываемый на 2-ч отстаивание. Осветленную нейтрализованную сточную воду из отстойника сбрасывают в канализацию, а осадок в количестве 65—70% (объемн.) возвращают в камеру реакции нейтрализации совместно с известковым молоком свежей порции сточных вод. Оставшуюся часть осадка [30—35% (объемн.)] передают для обезвоживания на вакуум-фильтр с фильтрующей тканью «капрон» (артикул 1520) при разрежении 400—500 мм рт. ст. Полученный кек с влажностью 65—70% передают в отвал. На рис. 7 дана принципиальная схема нейтрализации с применением «оборотного осадка».

В табл. 58 приведены данные по обезвоживанию на вакуум-фильтре «простого» и «оборотного» осадков при M менее 25 кг/м^3 и вакууме 500 мм рт. ст.

Как можно видеть, для плохо обезвоживающихся осадков с $M = 3 \div 10 \text{ кг/м}^3$ влажность «простого осадка» при вакуум-фильтровании снижается с 94—98 до 75—85%, в то время как влажность «оборотного осадка» снижается с 91—92 до 66—69%.

8. Весьма существенное влияние на механическое обезвоживание осадка оказывает добавление к пульпе порошкообразного карбоната кальция при одновременном аэрировании смеси для окисления двухвалентного железа в трехвалентное. Величина рН при этом должна быть не менее 9—10, так как при более низких значениях процесс окисления железа идет очень медленно.

В табл. 59 приведена характеристика фильтруемости осадков, полученных при различных способах нейтрализации сточной воды. Концентрация сухого вещества $M = 10 \text{ кг/м}^3$, т. е., согласно этому показателю, осадок должен обезвоживаться плохо.

Кек после вакуум-фильтрования осадка, полученного при нейтрализации известковым молоком с добавлением карбоната кальция в количестве, равном 1 M , т. е. 10 кг/м^3 , и аэрировании, имеет влажность 50% и является наилучшим, несмотря на небла-

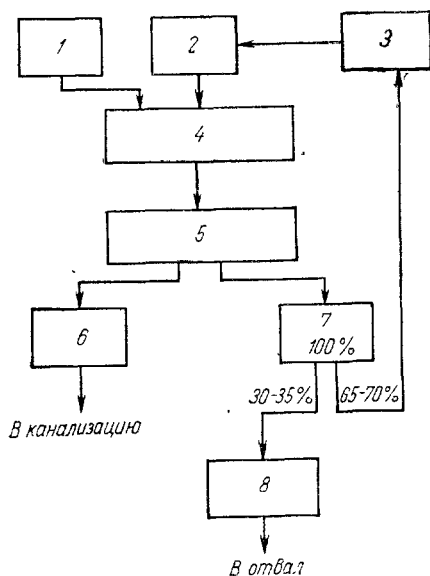


Рис. 7. Примерная схема нейтрализации серноокислотных железосодержащих сточных вод известковым молоком с применением «оборотного» осадка:

1 — усреднитель сточных вод; 2 — бак для известкового молока; 3 — емкость для «оборотного» осадка; 4 — нейтрализатор; 5 — отстойник; 6 — сборник нейтрализованной осветленной воды; 7 — сборник осадка; 8 — аппарат для обезвоживания осадка

Сравнительные данные по обезвоживанию
«простого» и «оборотного» осадков

Концентрация сухого ве- щества в осадке M , $кг/м^3$	«Простой» осадок		«Оборотный» осадок	
	Влажность, %			
	пульпы	кека	пульпы	кека
2,92	98,6	85,3	92,8	65,8
10,0	94,3	75,3	91,4	68,8
20,0	93,7	72,3	88,0	71,4
52,6	89,6	71,5	88,7	76,2

Таблица 59

Влияние добавки $CaCO_3$ и аэрирования на обезвоживаемость осадков

Способ получения осадка	Первоначальная влажность пульпы, %	Характеристика кека			Объем фильтра- та, $м$
		высота слоя, $мм$	масса, $г$	влаж- ность, %	
Обычная нейтрализация из- вестковым молоком	95,5	1,8; 3,5	21; 38	75,3; 80,0	111; 147
Нейтрализация известковым молоком с добавкой $CaCO_3$ в количестве $1/4M$	95,2	1,5; 2,5	18; 22	74,7; 80,8	115; 175
Нейтрализация известковым молоком с добавкой $CaCO_3$ в количестве $1/4M$ и аэриро- вание	94,4	1,2; 2,0	14,8; 20	67,2; 68,2	97; 150
Нейтрализация известковым молоком с добавкой $CaCO_3$ в количестве $1M$	88,4	3,0; 5,0	45,4; 67	60,0; 65,9	150; 197
Нейтрализация известковым молоком с добавкой $CaCO_3$ в количестве $1M$ и аэриро- вание	84,8	2,5; 4,0	44,6; 69,7	50; 50,3	135; 185

Примечание Первые значения получены после 1-мин фильтрования, а вто-
рые — после 2-мин

гоприятную концентрацию сухого вещества M . Расход воздуха при аэрировании составляет $3,8 л/мин$ при скорости его подачи $0,026 м/сек$. Оптимальная величина вакуума $400—500 мм рт. ст.$, время фильтрования $1—2 мин$.

При проектировании станций нейтрализации и очистки сточных вод от катионов металлов и расчете оборудования часто возникает вопрос о том, какой объем в процентах по отношению к объему сточных вод будет занимать влажный осадок, получающийся в результате обработки сточных вод реагентом.

Объем влажного осадка можно определить по формуле

$$P = \frac{10M}{100 - P_{\text{вл}}},$$

где P — объем осадка, % по отношению к объему очищаемой сточной воды при его влажности $P_{\text{вл}}$;

M — количество сухого вещества в осадке, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$P_{\text{вл}}$ — влажность осадка, %.

Примечание. Влажность осадка всегда должна быть меньшей или равной 100 минус количество сухого вещества, выраженное в процентах. Если, например, количество сухого вещества $M=50 \text{ кг}/\text{м}^3$, то влажность осадка не может быть более 95%, а всегда равна или меньше этой величины.

Пример расчета:

1) количество образующегося осадка равно $540 \text{ кг}/\text{сутки}$ по сухому веществу (подсчитано по химическим реакциям);

2) влажность этого осадка принята равной 99%;

3) расход сточных вод, из которых образуется этот осадок при обработке их реагентом, составляет $12000 \text{ м}^3/\text{сутки}$.

Необходимо определить общее количество влажного осадка и объем его по отношению к объему сточных вод.

Для решения этой задачи сначала определяем концентрацию сухого вещества M :

$$540 : 12000 = 0,045 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

По основной формуле находим объем влажного осадка P по отношению к объему сточных вод:

$$P = \frac{10 \cdot 0,045}{100 - 99} = 0,45\%.$$

Следовательно, объем осадка будет 0,45% от объема сточных вод. Отсюда в 1 м^3 сточных вод будет содержаться 4,5 кг влажного осадка.

Общее количество влажного осадка составит

$$\frac{4,5 \cdot 12000}{1000} = 54 \text{ т}/\text{сутки}.$$

На станции нейтрализации кислых сточных вод обычно предусмотрены следующие элементы:

- 1) песколовки для выделения грубодисперсных примесей;
- 2) резервуары-устранители кислых и щелочных стоков;
- 3) склад нейтрализующих реагентов (извести);
- 4) аппарат для гашения извести;
- 5) растворные баки;
- 6) дозатор;
- 7) смеситель;
- 8) камеры реакции-нейтрализаторы;

9) отстойники нейтрализованных сточных вод или накопители;
10) шламовые площадки (при наличии отстойников) или вакуум-фильтры;

11) химическая лаборатория (на больших станциях) для производства контрольных анализов полноты нейтрализации (по рН) и качества сточных вод и реагентов.

Песколовки применяют при наличии в сточных водах, идущих на нейтрализацию, твердых механических примесей (песка, окалины и т. п.). При этом перед ними рекомендуется устанавливать решетки из кислотоупорных материалов с прозорами в 16—20 мм.

Песколовки рассчитывают по данным экспериментальных наблюдений или по существующим нормам и техническим условиям.

Следует предусматривать не менее двух резервуаров-усреднителей — один для кислых сточных вод, другой — для щелочных. Сточную воду в них можно перемешивать воздухом. Емкость резервуаров-усреднителей определяют в зависимости от графика притока сточных вод и колебания в них концентрации кислоты или щелочи. При отсутствии графиков колебания кислотности (или щелочности) сточных вод емкость резервуаров-усреднителей рассчитывают по технологическим данным на прием сточных вод, поступающих в течение одной смены. При равномерном поступлении подлежащих нейтрализации сточных вод, резервуары-устранители можно не устанавливать.

Склад нейтрализующих реагентов проектируют согласно существующим нормам и технологическим условиям проектирования складского хозяйства.

Гашение извести, т. е. приготовление известкового молока, производят в безотходных известегасительных аппаратах (шаровая мельница с классификатором), широко применяемых в реакгентном хозяйстве предприятий цветной металлургии (флотационные обогатительные фабрики).

Рабочий раствор известкового молока для нейтрализации кислых сточных вод приготавливают с 5—10%-ной «активной» окисью кальция в растворных баках, снабженных пропеллерными или лопастными мешалками с вертикальной осью вращения. Число оборотов мешалки должно быть не менее 40 в минуту. При использовании в качестве нейтрализующего реагента едких щелочей или соды приготавливают 10%-ный рабочий раствор.

Нейтрализующий реагент в кислую сточную воду подается автоматическим дозатором, обеспечивающим надежность и непрерывность нейтрализации, который заблокирован с автоматическим рН-метром [42]. На предприятиях цветной металлургии применяют черпаковые дозаторы, насосы-дозаторы, тарированные насадки с постоянным напором и др. Реагент поступает в сточную воду через сместитель (например, ершового типа). Раздельный

ввод реагента и сточной воды в камеру реакции без предварительного перемешивания нежелателен.

При незначительных расходах нейтрализуемой сточной воды (до $50 \text{ м}^3/\text{ч}$) можно применять камеры реакции периодического действия, работающие попеременно; при больших расходах (более $50 \text{ м}^3/\text{ч}$) — проточные камеры реакции непрерывного действия. Время контакта сточных вод с реагентом принимают равным 5 мин для кислых сточных вод и 30 мин для кислых сточных вод, содержащих растворенные соли тяжелых металлов.

Образующиеся в результате нейтрализации кислых сточных вод осадки выделяют из воды, отстаивая ее не менее 2 ч в отстойниках (могут быть использованы горизонтальные, вертикальные или радиальные отстойники) или в накопителях.

Расчетную скорость движения нейтрализованной сточной воды в горизонтальном отстойнике принимают равной 5 мм/сек .

Накопители обычно устраивают из расчета складирования в них осадка в течение $10\text{--}15$ лет. При отсутствии необходимых для этого площадей делают одногодичные накопители, осадок из которых вывозят в отвал. Объем накопителей определяют в зависимости от концентрации кислоты, а также ионов тяжелых металлов в сточных водах. Если, например, кислые сточные воды [44], содержащие также ионы тяжелых металлов (в частности, железо), нейтрализуют известковым молоком, приготовляемым из товарной извести с 50% активной окиси кальция, то при ежедневном в течение года сбросе 1 м^3 нейтрализованной воды за год можно накопить от 30 до 120 м^3 осадка.

Ориентировочное количество осадка, образующегося при нейтрализации кислых сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов, в зависимости от их концентрации приведено ниже:

Концентрация кислоты и ионов тяжелых металлов, кг/м^3	Количество осадка, накапливаемого за 1 г от каждого $1 \text{ м}^3/\text{сутки}$ нейтрализуемых сточных вод, м^3
5	33
10	51
15	65
20	76
30	93
40	108
50	118

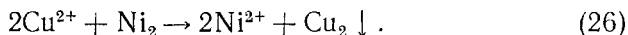
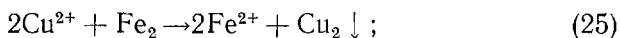
Методы очистки сточных вод от катионов металлов

Очистка сточных вод от меди

Катионы меди Cu^{2+} могут находиться в сточной воде при рН ее ниже $5,3$ [43], так как при этом значении рН начинает осаждаться гидроокись меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Произведение растворимости $\text{Cu}(\text{OH})_2$ равно $5,0 \cdot 10^{-20}$, что указывает на весьма незначитель-

ную ее растворимость в воде, сильно зависящую от величины рН. Если рН воды составляет 7, то $[\text{Cu}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = 5,0 \cdot 10^{-20}$; $[\text{Cu}^{2+}] \cdot 10^{-14} = 5,0 \cdot 10^{-6}$ моль/л, или $320 \cdot 10^{-6}$ г/л. Концентрация катионов меди в растворе при этом равна 0,32 мг/л. Если же рН равен 8,0, то $[\text{Cu}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = 5,0 \cdot 10^{-20}$; $[\text{Cu}^{2+}] \cdot 10^{-12} = 5,0 \cdot 10^{-20}$, откуда $[\text{Cu}^{2+}] = \frac{5 \cdot 10^{-20}}{10^{-12}} = 5 \cdot 10^{-8}$ моль/л или $320 \cdot 10^{-8}$ г/л. Концентрация катионов меди в растворе будет равна 0,0032 мг/л.

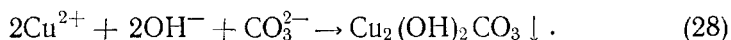
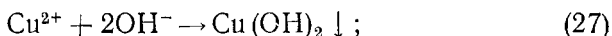
Одним из наиболее простых и распространенных методов очистки кислых содержащих медь сточных вод (например, шахтных) является цементация меди на железном скрапе или на никелевом песке. При этом в кислой среде медь выделяется на железе или никеле в виде металла, в место нее в раствор переходят катионы железа или никеля:



Метод цементации можно применять для грубой, предварительной очистки достаточно концентрированных по меди сточных вод с целью утилизации ее.

Очищенная таким образом, от основного количества катионов меди сточная вода в дальнейшем подлежит нейтрализации до $\text{pH} = 8-9$ и одновременной доочистке ее от оставшихся катионов меди и перешедших в раствор катионов железа или никеля.

Другой способ химической очистки сточных вод от меди заключается в осаждении ее в виде труднорастворимых соединений — гидроокиси или основной углекислой соли:



Произведение растворимости гидроокиси меди приведено выше, растворимость же основного карбоната меди практически равна нулю. Поэтому наиболее выгодно осаждать медь в виде основного карбоната [см. реакцию (28)]. Для этого необходимо в растворе нейтрализующего реагента иметь одновременно как гидроксильные ионы (OH^-), так и карбонатные (CO_3^{2-}). Следовательно, применение для осаждения меди едких щелочей или извести высшего сорта (пушонки) нежелательно. Также непригодными реагентами являются сода, известняк, мел, мрамор, доломит, и др., дающие в раствор главным образом карбонат-ионы. В первом случае для образования основной соли будет недоставать карбонат-ионов, во втором — гидроксил-ионов.

Поэтому лучшим реагентом для очистки сточных вод от катионов меди является известь III сорта, содержащая недожог (CaCO_3). При подсчете количества реагента, необходимого для очистки

сточный вод от меди, следует учитывать, что этот реагент будет расходоваться не только на прохождение реакции (27) или (28), но и на нейтрализацию кислотности сточных вод, а также на осаждение других катионов тяжелых металлов, имеющих в данной сточной воде. Это в особенности относится к нейтрализации сточных вод после цементационной установки, в которых, помимо остаточной концентрации меди, присутствуют катионы железа или никеля. Наиболее удобно устанавливать необходимую дозу реагента пробным известкованием (методику см. в приложении III), при котором процессы нейтрализации и связывание катионов тяжелых металлов в труднорастворимые соединения идут в соответствии с кривой, приведенной на рис. 8.

Здесь зона *A* соответствует нейтрализации свободной кислоты и количеству затраченного реагента *a*, расходуемого на поднятие рН, сточной воды от первоначального значения до того, при котором начинается выпадение в осадок гидроокиси меди (рН = 5,3). Зона *B* соответствует связыванию в труднорастворимые соединения всех имеющихся в растворе катионов тяжелых металлов

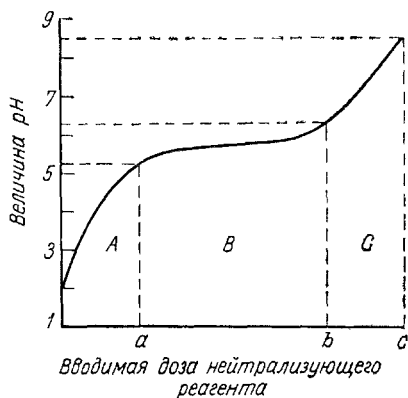
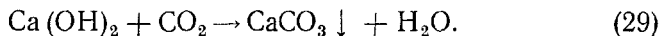


Рис. 8. S-образная кривая нейтрализации кислых сточных вод, содержащих катионы меди

(меди, железа или никеля, если нейтрализации подвергаются сточные воды после цементационной установки). При этом дополнительно затрачивается количество реагента $b - a$. Зона *C* соответствует созданию избыточной щелочности, обеспечивающей полноту осаждения полученных труднорастворимых соединений, и достижению заданного оптимального значения рН, равного 8—9. При этом дополнительно расходуется нейтрализующий реагент $c - (a + b)$ в относительно небольшом количестве. При пробном известковании также следует иметь в виду, что введение большого избытка реагента вместо ожидаемого полного осветления очищаемой сточной воды может привести к ее помутнению. Это объясняется тем, что между избытком введенной извести и двуокисью углерода воздуха протекает реакция образования более трудно растворимого в воде карбоната кальция:



Произведение растворимости CaCO_3 равно $4,8 \cdot 10^{-9}$, в то время как произведение растворимости $\text{Ca}(\text{OH})_2$ составляет

$5,5 \cdot 10^{-6}$. Вследствие этого CaCO_3 выпадает в осадок, что приводит к помутнению очищаемой сточной воды.

Кроме рассмотренных реагентных методов очистки сточных вод от меди, в отдельных случаях можно применять электрохимические методы, основанные на процессе электролиза, аналогичном электролитическому рафинированию меди в гидрометаллургических производствах предприятий цветной металлургии, при котором металлическая медь выделяется на катоде. Данный метод, по-видимому, экономически целесообразен в тех случаях, когда концентрация меди в растворе не ниже $0,5 \text{ г/л}$ и полученная металлическая медь окупает затраты электроэнергии. Также этот метод можно применять для относительно небольших расходов сточных вод (до $500 \text{ м}^3/\text{сутки}$) при устройстве проточных электролизеров. При больших расходах медьсодержащих сточных вод (шахтные воды медных рудников) выгоднее извлекать основную массу меди цементацией с доочисткой сточных вод известкованием.

Для сточных вод с относительно низкой концентрацией в них катионов меди можно вместо реагентной очистки применять ионообменные смолы (катиониты отечественных марок КУ-2, сульфоуголь и др.). В результате профильтровывания кислой медьсодержащей сточной воды через катионит она будет очищена от меди и при регенерации отработанной смолы получится элюат, содержащий всю задержанную катионитом медь в объеме, во много раз меньшем, чем объем профильтрованной воды. Этот элюат должен быть утилизирован, что делает процесс ионитной очистки экономически рентабельным. Обычную скорость фильтрования через ионитовые фильтры принимают равной $5\text{--}10 \text{ м/ч}$, обменную емкость смолы $8\text{--}12\%$. Регенерирующим раствором является $10\text{--}20\%$ -ная кислота (обычно серная), которая, вымывая поглощенную катионитом медь, одновременно заряжает его в Н-форму.

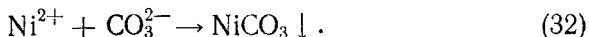
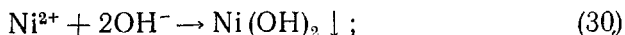
Даже при очистке сточных вод от меди известкованием следует предусматривать возможность той или иной утилизации получающихся осадков для использования в народном хозяйстве содержащейся в них меди. Эти осадки, в частности, можно добавлять к загружаемой в медеплавильные печи шихте в качестве известкового флюса. При этом соответственно уменьшается расход известняка и медь выплавляется в дополнительном количестве.

Очистка сточных вод от никеля

Катионы никеля Ni^{2+} могут находиться в сточной воде при рН ее ниже $6,7\text{--}7,7$, так как в интервале этих значений начинает выпадать в осадок труднорастворимая гидроокись никеля $\text{Ni}(\text{OH})_2$. Произведение растворимости $\text{Ni}(\text{OH})_2$ равно $2,0 \cdot 10^{-15}$, что указывает на несколько большую растворимость гидроокиси никеля в воде, чем растворимость гидроокиси меди. Так же как и для меди, величина этой растворимости чрезвычайно зависит от рН. Экспериментальные данные [44] по определению концентрации

катионов никеля в сточной воде при различных значениях рН приведены в табл. 60 и на рис. 9.

Так же как и при очистке сточных вод от катионов меди, очищать их от катионов никеля можно реagentным методом, основаным на выделении никеля из раствора в виде труднорастворимых соединений:



В первом случае [реакция (30)] никель выпадает в осадок в виде гидроксида, произведение растворимости которой указано

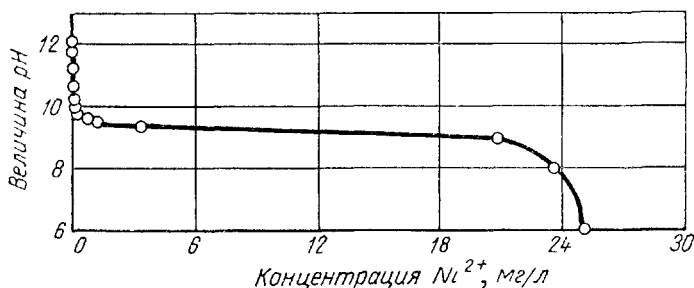


Рис. 9. Изменение концентрации Ni^{2+} в воде в зависимости от рН

выше. Во втором случае [реакция (31)] никель осаждается в виде основной углекислой соли, растворимость которой практически равна нулю. В третьем случае [реакция (32)] в осадок выпадает карбонат никеля, произведение растворимости которого равно $6,6 \cdot 10^{-9}$, что указывает на большую его растворимость, чем даже растворимость гидроксида никеля. Поэтому так же как и при очистке сточных вод от меди, для наиболее полного выделения катионов никеля из раствора следует применять известь III сорта, содержащую недожог, и избегать пользоваться такими реагентами, как едкие щелочи или карбонаты кальция, карбонаты магния, сода и т. п.

При концентрации катионов никеля в очищаемой сточной воде около 25 мг/л опти-

Таблица 60

Концентрация катионов никеля в воде при различных значениях рН

рН	Концентрация Ni^{2+} , мг/л	рН	Концентрация Ni^{2+} , мг/л
5,9	25,0	9,9	0,07
8,0	23,5	10,1	0,04
8,9	20,8	10,6	0,02
9,3	3,2	11,3	0
9,5	0,57	11,8	0
9,6	0,45	12,0	0
9,8	0,07		

мальной дозой извести может служить 75—100 мг/л активной окиси кальция. При этом максимальное количество никеля будет выпадать в осадок в виде основной углекислой соли $Ni_2(OH)_2CO_3$. Время контакта 15 мин, последующее время отстаивания 2 ч. Количество образующегося осадка составляет 1,2—1,8% от объема обрабатываемой сточной воды.

Было замечено, что очищенная по этому способу сточная вода плохо осветляется, остается мутной и содержит от 3,2 до 6,8 мг/л никеля (при определении его в отстоенной воде). Для улучшения коагулирования и выпадения осадка рекомендуется к очищаемой известковым молоком сточной воде добавлять трехвалентное железо $FeCl_3$ в количествах, равных первоначальной концентрации никеля (в пересчете на Fe^{3+}). В табл. 61 приведены данные по очистке никельсодержащих сточных вод реagentным методом. Из таблицы видно, что для сточной воды, содержащей 25 мг/л катионов никеля в растворе и имеющей рН около 6, оптимальной дозой извести в пересчете на активную окись кальция является 100 мг/л и трехвалентного железа 25 мг/л.

Таблица 61

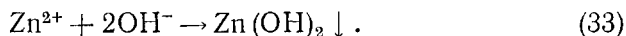
Результаты реagentной очистки сточных вод от катионов никеля

Показатели	Вносимая доза реagentа, мг/л			
	0	100 активной CaO	100 активной CaO + 25Fe ³⁺	100 активной CaO + 50Fe ³⁺
рН	5,9	10,6	10,1	8,5
Никель Ni ²⁺ , мг/л, в воде:				
отстоенной	27,4	5,2	1,3	4,7
фильтрованной	25,0	0,02	0	0,43

Кроме реagentного метода очистки сточных вод от никеля в отдельных случаях можно применять как электрохимический, аналогичный электролитическому рафинированию никеля, так и ионообменный методы с применением катионитов отечественных марок [45], в частности сульфогля [3].

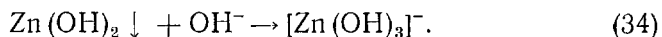
Очистка сточных вод от цинка

Сточные воды, содержащие катионы цинка Zn^{2+} , можно очищать переводом его в труднорастворимую гидроокись цинка:



Произведение растворимости гидроокиси цинка составляет $7,1 \cdot 10^{-18}$; начало выпадения ее в осадок соответствует рН, равному 5,4—6,4. Полное осаждение гидроокиси цинка происходит при рН = 8,0. В силу ярко выраженной амфотерности при рН = 10,5 гидроокись цинка начинает растворяться. Полное раст-

ворение наступает при достижении $pH = 12 \div 13$ с образованием цинкатов:



Поэтому для достижения максимального эффекта очистки сточных вод от цинка переводом его в гидроокись необходимо строго придерживаться довольно узких пределов pH (от 8 до 9). Более глубоко очистить сточную воду от катионов цинка можно, осадив его в виде наиболее труднорастворимого сульфида цинка:



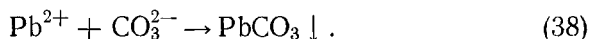
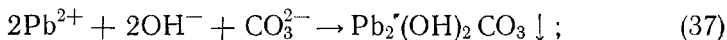
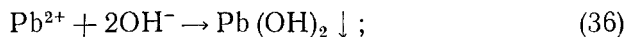
Произведение растворимости сульфида цинка равно $1,6 \times 10^{-24}$; оптимальное значение pH при осаждении сульфида цинка сернистым натрием составляет 2,5—3,5*.

Ввиду того что в сточных водах предприятий цветной металлургии почти никогда не содержатся только одни катионы цинка, но также имеются и катионы меди, свинца и других тяжелых металлов, применение к каждому из них своего, наиболее специфического метода очистки невозможно, поэтому сточную воду обрабатывают обычным известковым молоком, приготавливаемым из извести III сорта и одновременно осаждают катионы тяжелых металлов в виде наиболее труднорастворимых соединений: основные соли, карбонаты, гидроокиси.

Возможными методами очистки сточных вод от ионов цинка могут быть также ионообменные смолы и электрохимические процессы. Оба названные метода экономически рентабельны только тогда, когда получается товарный металл (при электролизе), который можно использовать в народном хозяйстве, или когда концентрированный по цинку элюат (при ионообмене) будет возвращен в производство.

Очистка сточных вод от свинца

Находящиеся в растворе катионы свинца Pb^{2+} можно перевести в осадок в виде одного из трех труднорастворимых соединений:



Произведение растворимости гидроокиси свинца [реакция (36)] равно $1,1 \cdot 10^{-20}$; основной углекислый свинец [реакция (37)] в воде нерастворим, произведение растворимости карбоната свинца [реакция (38)] составляет $1,0 \cdot 10^{-13}$. Началу выпадения в осадок

* Ф и ш м а н Г. И. Автореферат диссертации Москва, 1963; Захарьина С. Б. Автореферат диссертации. Москва, 1967.

гидроокиси свинца соответствуют значения $pH = 6,0 \div 8,4$. Из приведенных данных следует, что, в отличие от условий осаждения меди и никеля, которые наиболее целесообразно переводить в осадок в виде основных углекислых солей, или осаждения цинка — в виде гидроокиси, для очистки сточных вод от свинца применимы все три метода. Наиболее дешевым из них является метод получения труднорастворимого карбоната свинца, так как для этого можно использовать обычный известняк, мел, мрамор, необожженный доломит и подобные материалы. Ввиду того что они представляют собой твердые минеральные породы, их можно применять в качестве загрузки соответствующих фильтров, через которые профильтровывают очищаемую от свинца сточную воду.

В табл. 62 приведены данные по очистке сточных вод от свинца на доломитовом фильтре (54,2% $CaCO_3$; 45,8% $MgCO_3$). Скорость фильтрования составляла 5 м/ч, высота слоя загрузки до 1 м.

Таблица 62

Результаты очистки сточных вод от свинца фильтрованием
через доломит

Начальная кон- центрация Pb^{2+} мг/л	Количество Pb^{2+}			Начальная кон- центрация Pb^{2+} мг/л	Количество Pb^{2+}		
	приходяще- го на 1 г доломита мг	извлеченного 1 г доломита, мг	извлеченно- го % к его начальной содержанию		приходяще- го на 1 г доломита мг	извлеченно- го 1 г доло- мита, мг	извлеченно- го % к его начальной содержанию
5	20	18,8	97,8	25	25	24,6	98,4
10	5	5	100	25	50	49,7	99,4
10	10	9	90	50	200	198	99
10	40	37,7	94	100	400	397	99,4
25	5	4,9	99,2				

В случае применения в качестве реагента для очистки сточных вод от свинца тонко измельченного доломита расход его составляет 2,5 г на 1 г свинца в растворе при времени перемешивания 15—20 мин.

При повышении pH очищаемой сточной воды с 5,3 даже до 8,5 значительно повышается эффект очистки. Это можно объяснить тем, что при pH более 7 в воде наряду с карбонат-ионами появляются гидроксил-ионы. При содержании же и тех и других образуется нерастворимая основная соль $Pb_2(OH)_2CO_3$. Осадки, получающиеся при реагентной очистке сточных вод от свинца, представляют собой значительную ценность, и, как правило, их не следует сбрасывать в отвал, а после обезвоживания (на вакуум-фильтрах или фильтр-прессах) направлять совместно с флюсом в плавильные печи для получения дополнительного количества

металлического свинца. Например, если в сточных водах содержится 30 мг/л свинца, а расход этих вод составляет 4000 м³/сутки, то в получаемом при очистке известковым молоком осадке будет содержаться 120 кг/сутки и при выплавке будет получено 43 т в год дополнительно чистого металлического свинца.

Очистка сточных вод от кобальта

Концентрации кобальта Co^{2+} в сточных водах предприятий цветной металлургии обычно чрезвычайно малы и не превышают 0,6 мг/л в стоках обогатительных фабрик и 1,2 мг/л в стоках гидromеталлургических производств. Кроме кобальта, в тех же сточных водах содержатся катионы других тяжелых металлов, при этом их концентрация больше, чем концентрация кобальта.

Поэтому как-либо специально сточные воды от солей кобальта не очищают. При обработке их известковым молоком и повышении pH более 6,7—7,7 (этому значению pH соответствует начало выпадения в осадок гидроокиси кобальта) труднорастворимая гидроокись кобальта соосаждается и выпадает в осадок. Произведение растворимости $\text{Co}(\text{OH})_2$ равно $6,3 \cdot 10^{-15}$, а $\text{Co}(\text{OH})_3$ — $4,0 \cdot 10^{-45}$, что показывает на чрезвычайно малую растворимость этих соединений.

Очистка сточных вод от кадмия

Концентрация кадмия Cd^{2+} в сточных водах гидromеталлургических предприятий цветной металлургии изменяется в значительных пределах (от 30 до 190 мг/л), но при этом расход сточных вод относительно невелик и для ряда производств составляет до 40 м³/сутки. Поскольку произведение растворимости гидроокиси кадмия составляет $2,2 \times 10^{-14}$ (это указывает на весьма незначительную ее растворимость), а pH, соответствующий началу выпадения гидроокиси кадмия в осадок, равен 7,2—8,2, становится очевидным, что при обработке этих сточных вод известковым молоком до pH = 8,5 ÷ 9,0 они могут быть максимально очищены от растворенных солей кадмия.

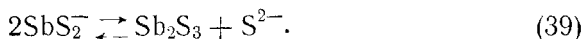
Получающийся осадок следует направить на переработку в гидromеталлургический цех для использования содержащегося в нем кадмия.

Очистка сточных вод от сурьмы

В сточных водах предприятий цветной металлургии сурьма (Sb^{3+}) может содержаться в зависимости от величины pH в виде анионов тиосолей (SbS_2^-) или в составе кислородсодержащих анионов, что практически встречается редко.

Метод очистки сточных вод, который можно было бы применить, выбирают в зависимости от формы нахождения сурьмы в растворе [46, 47]. Очистка сточных вод от сурьмы, входящей

в состав анионов тиосолей, основана на том, что данные анионы диссоциируют в растворе с образованием сульфид-ионов:



Поэтому при выведении из раствора сульфид-ионов, реакция (39) практически целиком сдвигается вправо. При этом образуется нерастворимый сульфид сурьмы и вода оказывается очищенной. Осаждение сульфида и разложение тиосолей производят добавлением к сточным водам сульфата железа, который образует чрезвычайно мало растворимый сульфид железа (произведение растворимости FeS равно $3,7 \times 10^{-19}$):



Данный метод позволяет очистить сточную воду от сурьмы практически полностью. Общий расход сульфата железа, необходимый для очистки сточных вод, обуславливается затратами его на осаждение избыточных сульфид-ионов и на разложение тиосолей по реакции (40) и может быть определен по формуле

$$Q = (8,7C_{\text{S}^{2-}} + 1,15C_{\text{Sb}^{3+}} + q) \text{ г/л},$$

где $C_{\text{S}^{2-}}$ — концентрация несвязанного сульфида в очищаемой сточной воде, г/л;

$C_{\text{Sb}^{3+}}$ — концентрация сурьмы в очищаемой сточной воде, г/л;

q — дополнительное количество сульфата железа, которое необходимо ввести в очищаемую сточную воду для коагулирования образовавшегося сульфида железа, г/л.

Обычно $q = 1-5$ г/л.

Данную формулу можно применять для определения расхода сульфата железа при очистке сточных вод, содержащих сурьму, входящую в состав анионов SbS_2^- или SbS_3^- .

Полнота очистки, выражаемая остаточной концентрацией сурьмы в очищенной сточной воде, зависит от количества добавляемого сульфата железа и может быть рассчитана следующим образом.

Остаточной концентрации железа соответствует определенная концентрация сульфид-ионов, которая в свою очередь, характеризует остаточную концентрацию сурьмы, входящей в состав тиосолей. Остаточную концентрацию сульфид-ионов определяют из произведения растворимости FeS :

$$\text{ПР}_{\text{FeS}} = [\text{Fe}^{2+}] [\text{S}^{2-}],$$

откуда

$$[\text{S}^{2-}] = \frac{\text{ПР}_{\text{FeS}}}{[\text{Fe}^{2+}]}. \quad (a)$$

За счет этой серы в воде остается сурьма, входящая в состав аниона SbS_2^- , концентрацию которого находят из константы равновесия реакции (39), равной:

$$K_{\text{равн}} = \frac{[\text{S}^{2-}]}{[\text{SbS}_2^-]},$$

откуда

$$[\text{SbS}_2^-] = \frac{[\text{S}^{2-}]}{K_{\text{равн}}}. \quad (6)$$

Подставив значение $[\text{S}^{2-}]$ из выражения (а) в (б), получим

$$[\text{SbS}_2^-] = \frac{\text{PP}_{\text{FeS}}}{[\text{Fe}^{2+}] K_{\text{равн}}}.$$

Это выражение применимо в том случае, если очистке подвергаются слабоминерализованные сточные воды. В противном случае в него необходимо вводить коэффициенты активности.

Очистка сточных вод от сурьмы, находящейся в растворе в виде кислородсодержащих анионов, основана на их способности образовывать труднорастворимые соединения солей кальция $\text{Ca}_3(\text{SbO}_4)_2$ или $\text{Ca}_3(\text{SbO}_3)_2$.

Поэтому сточные воды можно подвергнуть обработке известью с последующим отделением осадка отстаиванием. Более глубокую очистку осуществляют, вводя после известкования сульфат железа при определенном конечном значении рН, равном ~ 9 .

Очистка сточных вод от ртути

Сточные воды следует очищать от ртути особенно глубоко ввиду того, что предельно допустимая концентрация в водоемах чрезвычайно мала и составляет $0,005 \text{ мг/л}$. В настоящее время наиболее удовлетворяющими санитарные требования методами очистки сточных вод от ртути могут служить два: первый из них основан на осаждении ртути в виде нерастворимого сульфида ртути, а второй — на поглощении ионов ртути катионитами.

При осаждении ионов ртути в виде сульфида происходит следующая реакция:



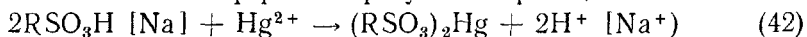
Произведение растворимости HgS составляет $1,6 \times 10^{-52}$, что соответствует остаточной концентрации ионов ртути в растворе, равной $2,5 \cdot 10^{-21} \text{ мг/л}$. Величина $2,5 \cdot 10^{-21}$ верна в том случае, когда сульфид ртути осаждается в дистиллированной воде, а коэффициенты активности $f_{\text{Hg}^{2+}}$ и $f_{\text{S}^{2-}}$ приняты равными единице.

Подлежащие очистке промышленные сточные воды обычно содержат другие соли в значительных количествах, вследствие чего значение их ионной силы больше и, следовательно, величины

коэффициентов активности ионов ртути и сульфидов меньше, чем для дистиллированной воды. Это приводит к некоторому увеличению растворимости HgS в сточных водах (при одинаковых в обоих случаях концентрациях S^{2-} в растворе). Осаждаемый таким образом сульфид ртути ввиду незначительного его количества находится в воде в виде тонкодисперсных коллоидальных частичек, выделить которые в осадок можно коагулированием сточных вод сульфатом алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, сульфатом железа $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, известью CaO , смесью этих коагулянтов и др.

В работе А. А. Кастальского и др. [48] показано, что при очистке сточных вод, содержащих от 1,5 до 20 мг/л катионов ртути, для полноты осаждения сульфида ртути требуется 10—40% избытка сульфид-ионов сверх стехиометрического количества, подсчитанного по реакции (41). Для дальнейшего коагулирования образовавшегося осадка необходимо добавить 50—60 мг/л сульфата алюминия при $\text{pH} = 6,9 \div 7,3$, или 40—60 мг/л сульфата железа при $\text{pH} = 8,5 \div 8,8$.

Еще более полной очистки сточных вод от ртути можно достигнуть при профильтровывании их через сильноосновной катионит в H- или Na- форме. В результате реакции обмена



растворенная ртуть полностью переходит из раствора на поверхность катионита и выходящая из ионообменных фильтров вода практически не содержит ионов ртути.

Емкость катионитов отечественных марок (КУ-2, КУ-2-20, сульфоуголь и др.) при извлечении ртути из раствора ее в дистиллированной воде составляет 10—12% по отношению к массе смолы. Но следует иметь в виду, что при извлечении катионов ртути ионообменной смолой из реальных промышленных сточных вод сорбционная емкость катионита по отношению к ионам ртути будет несколько ниже в результате того, что смола одновременно будет извлекать из сточных вод все другие катионы, находящиеся в растворе.

Методы очистки сточных вод от цианидов

Химические соединения, входящие в группу, называемую цианидами, весьма разнообразны по физико-химическим и токсикологическим свойствам.

К цианидам относятся.

1. Простые растворимые ядовитые цианиды, представляющие собой синильную кислоту HCN и ее соли: NaCN , KCN и др. Простые растворимые ядовитые цианиды загрязняют воду цианид-ионами CN^- . Сама синильная кислота является бесцветной низкокипящей жидкостью ($t_{\text{кип}} = 26,5^\circ$), смешивающейся с водой во всех отношениях. Эта кислота очень слабая, ее константа диссо-

цианида составляет $13,3 \cdot 10^{-10}$, она легко полимеризуется и вступает в различные реакции соединения. Есть основание предполагать, что в воде существует гидрат $\text{HCN} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Соли синильной кислоты, получающиеся при нейтрализации ее щелочами, хорошо растворимы в воде (например, растворимость KCN в 100 г воды при 25°C составляет 71,6 г).

2. Простые нерастворимые цианиды, например цианистая медь CuCN (произведение растворимости $3,2 \cdot 10^{-20}$), цианистое железо $\text{Fe}(\text{CN})_2$ и др. Эти цианиды, казалось, можно было бы отнести к нетоксичным. Однако, находясь в воде в тонкодисперсном состоянии и попадая в организм, они под действием кислой среды желудочного сока, начинают растворяться, переходя в простые ядовитые цианиды и вызывая отравление организма. С. Н. Черкинский и М. Т. Голубева [49] показали, что в твердых отвалах простые нерастворимые цианиды под действием дождевой воды, солнца и температурных колебаний могут постепенно переходить в растворимые ядовитые цианиды.

3. Комплексные растворимые ядовитые цианиды меди и цинка: $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$, $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$, $[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-}$, $[\text{Zn}(\text{CN})_3]^-$, $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$. Из них самым устойчивым комплексом является $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$, так как его константа диссоциации наибольшая ($5 \cdot 10^{-12}$) [50], в то время как константа диссоциации $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$ равна $1 \cdot 10^{-16}$, $[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-}$ — $5 \cdot 10^{-28}$ и т. д. Отсюда очевидно, что в сточных водах преимущественно находится $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$.

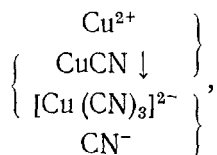
4. Комплексные растворимые неядовитые цианиды, к которым относят ферро- и феррицианиды $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ и $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ (гексоцианоферраты).

Растворимость $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ в 100 г воды при 20°C равна 42,9 г; $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ при тех же условиях 28,9 г и $\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 17,9 г. Нетоксичность ферро- и феррицианидов также вызывает сомнение, как и относительная нетоксичность простых нерастворимых цианидов. Данные комплексы, при определенных условиях, могут частично разлагаться и давать в раствор простые растворимые ядовитые цианиды.

5. Комплексные нерастворимые, а потому и нетоксичные (в определенных условиях) цианиды, например берлинская лазурь $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$. Произведение растворимости этой соли равно $3 \cdot 10^{-41}$, что указывает на практическую ее нерастворимость в воде.

В промышленных сточных водах, химический состав которых непостоянен и все время изменяется, все формы цианистых соединений содержаться одновременно в равной степени не могут. Если в воде имеются в избытке ионы простого растворимого ядовитого цианида, то свободные катионы меди или цинка должны отсутствовать. Наоборот, если в воде имеется избыток катионов меди или цинка, то свободные ионы простого, ядовитого растворимого цианида в ней не присутствуют.

Поэтому, если написать ряд



то в воде преимущественно могут находиться только соседние пары: при избытке катионов меди Cu^{2+} весь циан связан в нерастворимый осадок CuCN . Если в воде имеются свободные цианиды CN^- , то вся медь связана в растворимый комплекс $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$ и содержание катионов меди исключено. Соответственно при эквивалентных соотношениях катионов меди и анионов циана, в воде будут находиться нерастворимый осадок простого цианида меди $\text{CuCN} \downarrow$ и растворимый комплекс $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$, что исключает одновременное наличие катионов меди Cu^{2+} и соответственно простых растворимых ядовитых цианидов CN^- . В сточных водах предприятий цветной металлургии, как правило, всегда имеются только комплексные растворимые ядовитые цианиды меди и цинка и избыток свободных простых растворимых ядовитых цианидов CN^- . Это в соответствии с отмеченным выше исключает возможность существования в данных сточных водах свободных катионов цветных металлов, образующих с цианидами комплексные соединения.

Очистка сточных вод от цианистых соединений основана на их физико-химических свойствах и может быть осуществлена рядом методов. Одни из них сводятся к окислению цианидов до цианатов, другие основаны на переводе токсичных соединений в относительно нетоксичные ферро- и феррицианиды, третьи — на образовании нерастворимых осадков простых цианидов или нерастворимого комплексного цианида железа (получение берлинской лазури) с последующим отделением их от воды отстаиванием или фильтрованием.

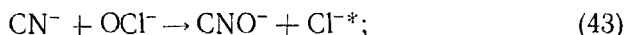
Методы окисления

Наиболее надежным из названных методов является метод окисления цианидов до цианатов, так как при этом группа CN полностью разрушается и вторичное загрязнение воды цианидами невозможно [51].

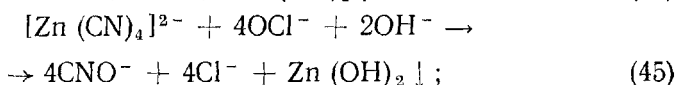
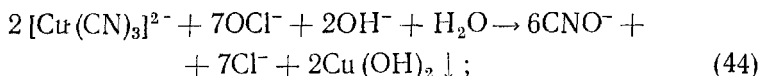
В качестве окислителей как простых, так и комплексных цианидов меди и цинка могут служить хлорная известь CaOCl_2 , гипохлорит кальция $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, гипохлорит натрия NaOCl , жидкий хлор Cl_2 в щелочной среде и др.

Протекающие при этом реакции окисления описываются следующими уравнениями:

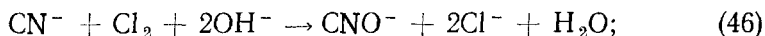
окисление простых растворимых ядовитых цианидов гипохлоритом:



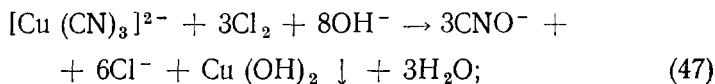
окисление комплексных растворимых ядовитых цианидов гипохлоритом:



окисление простых растворимых ядовитых цианидов жидким хлором в щелочной среде:



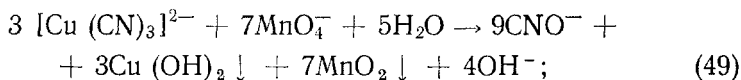
окисление комплексных растворимых ядовитых цианидов жидким хлором в щелочной среде:



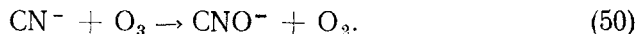
окисление простых растворимых ядовитых цианидов перманганатом:



окисление комплексных растворимых ядовитых цианидов перманганатом:

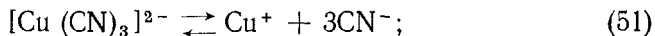


окисление простых растворимых ядовитых цианидов озоном [52, 53]:



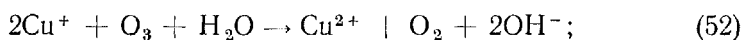
Окисление комплексных растворимых ядовитых цианидов, в частности комплексных цианидов меди, озоном протекает более сложно, в несколько фаз при участии катионов меди в качестве катализаторов процесса:

диссоциация комплексного аниона в щелочной среде:

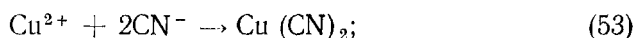


* Ввиду того, что окисление цианидов «активным хлором» протекает в две стадии: а) $\text{CN}^- + \text{OCl}^- \rightarrow \text{ClCN} + 2\text{OH}^-$ и б) $\text{ClCN} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{CNO}^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$, при несоблюдении условий проведения реакции (недостаточная величина pH, недостаточная доза «активного хлора») в растворе может образовываться промежуточный продукт — хлорциан.

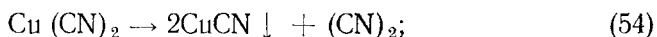
окисление одновалентной меди:



взаимодействие катионов меди с цианидом:



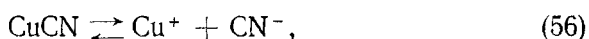
разложение промежуточного соединения с выделением в осадок простого труднорастворимого цианида меди:



образование в щелочной среде цианата из дициана:



диссоциации простого цианида меди:



получающаяся при этом одновалентная медь вступает в реакцию (52);

взаимодействие простого цианида меди и цианид-иона с образованием комплексного аниона:

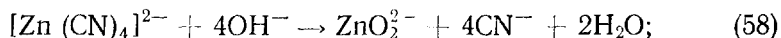


который затем диссоциирует по уравнению (51);

окисление образовавшегося простого растворимого ядовитого цианида озоном протекает по реакции (50).

Окисление комплексного растворимого ядовитого цианида цинка, по-видимому, протекает в щелочной среде по следующим реакциям:

а) гидролиза:

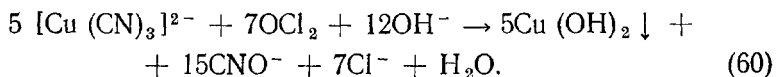


б) далее образующийся простой растворимый ядовитый цианид-ион окисляется озоном по реакции (50).

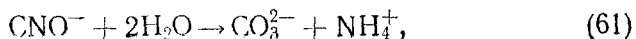
Окисление простых растворимых ядовитых цианидов двуокисью хлора, по-видимому, можно представить следующим уравнением:



Окисление комплексных растворимых ядовитых цианидов двуокисью хлора так же предположительно идет по реакции



Образующиеся в результате реакций окисления цианаты CNO^- либо постепенно гидролизуются в воде по уравнению

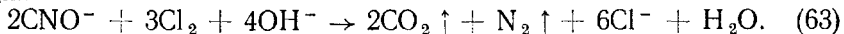


либо могут быть окислены до элементарного азота N_2 и двуокиси углерода CO_2 введением реагента в дополнительном количестве.

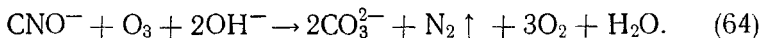
Окисление цианатов гипохлоритом протекает по реакции

$$2CNO^- + 3OCl^- + 3H^+ \rightarrow 2CO_2 \uparrow + 3Cl^- + N_2 \uparrow + H_2O. \quad (62)$$

Окисление цианатов жидким хлором осуществляется по реакции



Окисление цианатов озоном протекает по реакции



При выборе той или иной реакции окисления для очистки сточных вод от цианидов следует иметь в виду, что кислород воздуха O_2 (наиболее дешевый окислитель многих химических соединений) цианиды не окисляет даже в присутствии катализатора гексаметафосфата [54].

Оптимальные условия окисления цианидов обуславливает величина рН, которая должна быть не менее 10—11. Это связано с тем, что в сильноокислой среде содержится только молекулярный хлор. По мере снижения кислотности появляется хлорноватистая кислота, и далее при увеличении рН свыше 7 в растворе преобладает гипохлорит-ион.

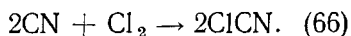
Окислительная способность указанных соединений различная: для Cl_2 (газа) нормальный окислительный потенциал равен +1,359 в; для $HClO$ (хлорноватистой кислоты) он равен +1,50 в; для OCl^- (гипохлорит-иона) +0,90 в. Казалось бы, что окисление более интенсивно будет протекать в слабокислой среде, когда образуется наибольшее количество хлорноватистой кислоты, но при этом еще присутствует молекулярный хлор, который, реагируя с цианидами, образует сильно токсичный хлор-циан. В сильнощелочной среде (при рН более 11—12) в растворе присутствуют только гипохлорит-ионы, окислительный потенциал которых самый низкий из трех. Поэтому при указанном оптимальном значении рН (~10—11) количество молекулярного хлора сведено к минимуму, следовательно, возможность образования хлор-циана исключена, и в то же время еще имеется в достаточном количестве хлорноватистая кислота, окислительный потенциал которой значительно выше, чем окислительный потенциал гипохлорит-иона. Изложенное выше можно проиллюстрировать кривой диссоциации $HOCl$ в воде при различных значениях рН, приведенной на рис. 10.

Из реакции (62) следует, что для окисления цианатов нет необходимости поддерживать рН на уровне 10—11, наоборот, оптимальным условием здесь является значение рН, равное ~6,5. Следовательно, сточную воду, в которой цианиды были окислены до цианатов, следует незначительно подкислить для более успешного окисления цианатов до элементарного азота и двуокиси углерода.

При работе с жидким хлором следует иметь в виду, что при растворении его в воде происходит подкисление воды в результате реакции



при которой наряду с хлорноватистой кислотой образуется соляная кислота. Поэтому окислять цианиды жидким хлором надо при постоянном добавлении щелочи для нейтрализации свободной HCl. При несоблюдении этих условий легко может образовываться весьма токсичный хлор-циан, являющийся продуктом прямого хлорирования цианидов:



Необходимую для окисления цианидов дозу реагента рассчитывают по реакциям (43)—(49). Если в качестве окислителя применяют гипохлорит-ион (хлорная известь, гипохлорит натрия, гипохлорит-кальция, жидкий хлор в щелочной среде), то окислительную способность применяемого соединения определяют по содержанию

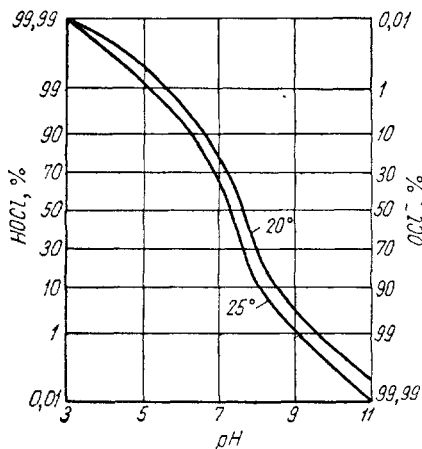
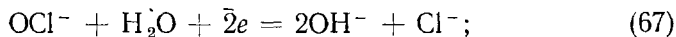


Рис. 10. Зависимость диссоциации HOCl в воде от значений pH

жанию в нем так называемого «активного хлора» и все дозировки рассчитывают по этой величине. Как известно, один окислительный эквивалент кислорода в гипохлорит-ионе соответствует двум атомам хлора, т. е. одному грамм-иону OCl^- соответствуют 2 грамм-атома «активного хлора», что следует из следующих уравнений:



Поэт ому по реакции (43) на одну часть циана, молекулярная масса которого равна 26, требуется одна часть кислорода или две части хлора, молекулярная масса которых равна 71. Отсюда, если на 26 частей циана требуется 71 часть «активного хлора», то на одну часть циана соответственно его необходимо $71 : 26 = 2,73$. Этот коэффициент показывает нужное по реакции количество «активного хлора» для окисления единицы простого растворимого ядовитого цианида. Следовательно, если подвергаемая очистке сточная вода содержит $A \text{ мг/л}$ простых ядовитых раство-

римых цианидов, то теоретически необходимое количество «активного хлора» будет равно

$$X = 2,73 \cdot A.$$

Аналогично по реакции (44) для окисления комплексных цианидов меди на 6 частей циана требуется 7 частей кислорода или соответственно 14 частей хлора. Отсюда на 26·6 частей циана надо 71·7 частей «активного хлора» или на одну часть циана нужно $71 \cdot 7 : 26 \cdot 6 = 3,18$ частей «активного хлора». Если очищаемая сточная вода содержит B мг/л комплексных цианидов меди в пересчете на CN, то теоретически необходимое количество «активного хлора» составит

$$X = 3,18 \cdot B.$$

Проведя подобный подсчет по реакции (45), найдем, что для окисления единицы комплексных цианидов цинка (в пересчете на CN) потребуется теоретически 2,73 части «активного хлора».

При обработке сточных вод предприятий цветной металлургии, содержащих сумму простых ядовитых растворимых цианидов и комплексных растворимых цианидов меди и цинка, теоретический расход «активного хлора» составит

$$X_{Cl} = 2,73 (A + C) + 3,18B,$$

где A — концентрация простых растворимых ядовитых цианидов;
 B — концентрация комплексных цианидов меди в пересчете на циан;

C — концентрация комплексных цианидов цинка в пересчете на циан.

Ввиду того что товарная хлорная известь может содержать до 33% «активного хлора» (класс A), а гипохлорит кальция — до 60% «активного хлора» и т. д., подсчитать необходимое количество товарного реагента можно по формуле

$$X = \frac{X_{Cl} Q 100}{1000a} + n = \frac{X_{Cl} Q}{10a} + n,$$

где X — количество товарного реагента (хлорной извести или гипохлорита), кг/сутки;

X_{Cl} — количество «активного хлора», необходимое для окисления цианидов и подсчитанное по приведенным выше формулам, мг/л или г/м³;

Q — расход цианосодержащих сточных вод, м³/сутки;

a — содержание «активного хлора» в товарном реагенте, %;

n — коэффициент избытка реагента, равный 3—5 мг/л.

Методика пробного хлорирования приведена в приложении III.

Метод перевода в нетоксичные ферро- и феррицианиды

Одним из наиболее распространенных до последнего времени методов очистки сточных вод от цианистых соединений был перевод их в комплексные растворимые цианиды железа или осаждение в виде простых цианидов железа и берлинской лазури.

В качестве основного реагента при этом используют сульфат железа (II) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

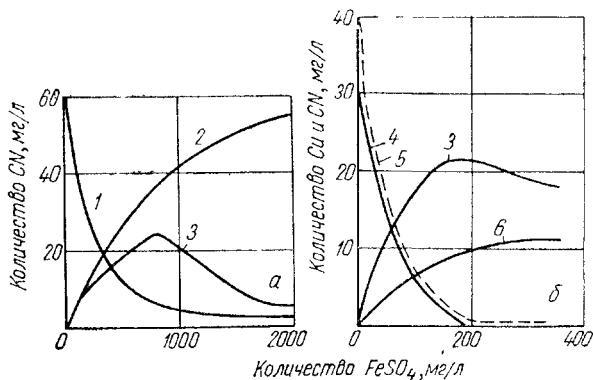
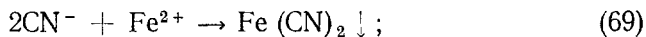


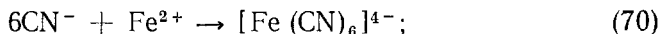
Рис. 11. К очистке сточных вод сульфатом железа:

a — очистка от простых цианидов; *б* — очистка от комплексных цианидов меди; 1 — простые цианиды CN^- , 2 — цианиды в виде $\text{Fe}(\text{CN})_2$; 3 — то же, в виде $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$; 4 — то же, в виде $\text{K}_2\text{Cu}(\text{CN})_3$; 5 — катионы меди; 6 — цианиды в виде $\text{Fe}(\text{CN})_2$ и CuCN

Протекающие при очистке реакции описываются следующими уравнениями:



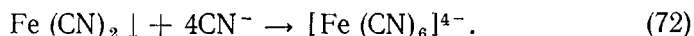
при меньшем количестве вводимого сульфата железа (II)



для комплексных цианидов меди



При обработке сточных вод сульфатом железа (II) обычно протекают в том или ином соотношении все указанные выше реакции (69)—(71). Параллельно образующийся по реакции (69) простой цианид железа, взаимодействуя с непрореагировавшим цианид-ионом, образует комплексный растворимый цианид железа:



На рис. 11 приведены соотношения CN^- , $\text{Fe}(\text{CN})_2$ и $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ в обрабатываемой сульфатом железа (II) цианосодер-

жащей сточной воде в зависимости от количества вводимого реагента. Необходимую дозу сульфата железа (II) для перевода простых или комплексных с медью и цинком цианидов в цианистые соединения железа рассчитывают по реакции (67)—(69). В частности, из реакции (69) следует, что на 3 части циана требуется 1 часть сульфата железа (II). Ввиду того, что молекулярная масса CN равна 26, а молекулярная масса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 286 коэффициент пропорциональности, т. е. необходимое количество сульфата железа (II), составит $286 : 26 \cdot 3 = 3,68$. Следовательно, если в очищаемой сточной воде концентрация простых и комплексных с медью или цинком цианидов, рассчитанная на CN, составляет A мг/л, то количество необходимого сульфата железа (II) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ можно найти по формуле

$$X = 3,68A \text{ мг/л.}$$

Для того чтобы реакция связывания цианидов с железом протекала в нужном направлении, берут реагента в 4 раза больше, чем рассчитано по формуле, т. е.

$$X_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} = 3,68 \cdot 4A \text{ мг/л.}$$

При сравнительной оценке технологии очистки сточных вод от цианидов методами окисления их «активным хлором» и связывания с железом преимущества оказываются на стороне окислительного метода по следующим причинам:

1. При окислительном методе группа CN окисляется до CNO^- или разрушается до элементарного азота и CO_2 , в то время как при обработке сульфатом железа она сохраняется, лишь связываясь с железом.

2. Максимальное требуемое количество «активного хлора» теоретически равно 3,18 частей на 1 часть CN плюс избыток реагента n , обусловленный хлороемкостью воды. При обработке цианосодержащих сточных вод сульфатом железа необходим четырехкратный избыток реагента по сравнению с найденным по реакции.

3. Время окисления цианидов «активным хлором» при оптимальном значении pH составляет 3—5 мин. Время обработки цианосодержащих сточных вод сульфатом железа не менее 2 ч. При этом, если очистке подвергают сточные воды, содержащие комплексные цианиды меди, то рабочий раствор сульфата железа (II) следует предварительно подкислить серной кислотой до pH, равного 4.

4. При работе с «активным хлором» в сточную воду вводят щелочь до $\text{pH} = 10 \div 11$ (при необходимости) и раствор хлорной извести или гипохлорита. При работе с сульфатом железа (II), кроме основного реагента (подкисленного при содержании в очищаемой сточной воде комплексных цианидов меди), к концу реакции, примерно за 5 мин до истечения 2 ч, добавляют известковое молоко до pH, равного 8—10, для соосаждения образующихся простых цианидов железа и меди с гидроокисью железа и для уда-

ления из воды введенных в четырехкратном избытке катионов железа.

5. Время отстаивания в случае применения «активного хлора» принимают равным 20 мин и объемы получающихся осадков не превышают 5% от объема обрабатываемой сточной воды. В то время как продолжительность отстаивания воды, обработанной сульфатом железа (II), не должна быть менее 2 ч, объемы получающихся осадков достигают 20% объема очищаемых сточных вод (при этом основную массу осадка составляет $\text{Fe}(\text{OH})_2$).

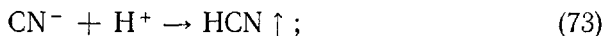
6. При контроле за полнотой очистки при применении «активного хлора» достаточно определить аналитически содержание его остаточной концентрации, которая будет составлять примерно 2—3 мг/л, что является полной гарантией отсутствия в очищенной воде ядовитых цианидов [55, 56]. При обработке сточных вод сульфатом железа (II) нужно определять остаточную концентрацию цианидов, для чего пригоден только бензидин-пиридиновый метод, так как лишь его применение позволяет определить цианистые соединения, исключая комплексные цианиды железа, в то время как при других методах определения цианидов в полученный результат входят и комплексные цианиды железа.

7. При очистке сточных вод «активным хлором» остаточная концентрация ядовитых цианидов в очищенной воде равна нулю, т. е. во всех случаях имеется 100%-ный эффект очистки. При методе очистки, основанном на применении сульфата железа (II), во всех случаях в очищенной воде остается до 2,0 мг/л ядовитых цианидов и, кроме того, не ликвидируется угроза появления их из осадков простых цианидов меди и железа в концентрациях до 0,3 мг/л.

Метод выдувки из кислой среды

Кроме рассмотренных методов окисления цианидов или связывания их в соли железа за рубежом одним из довольно распространенных методов очистки циансодержащих сточных вод является метод выдувки их из кислой среды в виде паров синильной кислоты¹. Этот метод основан на свойстве синильной кислоты легко улетучиваться благодаря низкой температуре ее кипения.

Для перевода цианидов в синильную кислоту очищаемые сточные воды подкисляют серной кислотой до $\text{pH} = 2,8$:



Образующийся цианистый водород HCN затем выдувают из сточных вод при барботировании воздуха. При этом возможно либо выбрасывание этого воздуха через высокую вытяжную трубу

¹ П а н о в а В. А. Автореферат диссертации. Москва, 1963.

в атмосферу, либо поглощение его в колонне, орошаемой (заполненной) раствором щелочи.

Необходимая при выдувке интенсивность аэрации при толщине слоя воды 70 см составляет от 5 до 12 л/сек/м². Время аэрирования 2 ч, расход воздуха 0,8 м³/мин на 1 м² поверхности. Применение этого метода требует специальной аппаратуры, герметизированного помещения и расхода серной кислоты и щелочи, при улавливании HCN щелочью.

Метод выдувки не пригоден для очистки сточных вод, загрязненных комплексными цианидами, т. к. после разрушения комплекса и выдувки цианидов в обработанной сточной воде останутся соответствующие катионы тяжелых металлов: Cu²⁺, Zn²⁺, Fe²⁺ и т. д. [см. реакцию (74)]. Такая сточная вода требует дополнительной очистки известью, которая будет расходоваться как на изменение рН воды от 2,8 до 8—9, так и на связывание катионов металлов в гидроксиды. Следовательно, расход нейтрализующей извести будет большим, а образующиеся осадки, содержащие гипс и гидроксиды металлов, будут занимать значительные объемы.

Таким образом, метод выдувки цианидов из кислой среды можно рекомендовать только для очистки сточных вод, загрязненных простыми ядовитыми растворимыми цианидами, и его можно осуществить только при соблюдении всех правил безопасности при обращении с сильно действующими ядами.

Из так называемых безреагентных методов очистки цианосодержащих сточных вод можно назвать очистку с применением ионообменных смол и очистку электрохимическим окислением цианидов на аноде.

Метод применения ионообменных смол

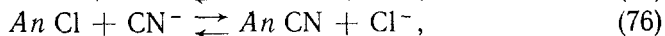
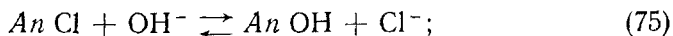
Изучая возможность адсорбции ионитами простых ядовитых растворимых цианидов следует рассмотреть три возможных случая:

1) сорбцию цианидов из щелочной среды смолами в солевой форме:

2) сорбцию цианидов из нейтральных или слабо кислых растворов смолами в гидроксильной форме;

3) сорбцию цианидов из нейтральных или слабо кислых растворов смолами в солевой форме.

При поглощении смолой (анионитом) в солевой форме (например, в хлорид-форме) цианидов из щелочной среды протекают одновременно две реакции обмена:



где An — катион анионита.

Константа равновесия реакции (75) равна:

$$K_1 = \frac{[An OH][Cl^-]}{[An Cl][OH^-]},$$

и, соответственно, константа равновесия реакции (76) равна:

$$K_2 = \frac{[An\ CN] [Cl^-]}{[An\ Cl] [CN^-]}.$$

Количественное соотношение между процессами, протекающими по реакциям (75) и (76), определяется отношением констант K_1 и K_2 :

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{[An\ OH] [CN^-]}{[An\ CN^-] [OH^-]}.$$

Величину $[CN^-]$ определяют из константы диссоциации синильной кислоты



$$[CN^-] = \frac{Ka [HCN]}{[H^+]},$$

где Ka — константа диссоциации синильной кислоты. Следовательно,

$$\frac{K_1}{K_2} = K_3 = \frac{Ka [An\ OH] [HCN]}{[An\ CN] [H^+] [OH^-]}.$$

Здесь произведение $[H^+] [OH^-] = K_w$ — константа диссоциации воды, а отношение $\frac{Ka}{K_w} = K^{-1}$ — константа гидролиза $An\ CN$, поэтому

$$K_3 = \frac{[An\ OH] [HCN]}{[An\ CN] K_{гидр}}.$$

Ввиду того что произведение двух констант есть величина постоянная, количественное соотношение между процессами, протекающими по реакциям (75) и (76), определится константой равновесия реакции



По данным работ [57, 58] величина $An\ OH$ сильно-основных смол (рК анионита) составляет 0—1, поэтому в случае сорбции цианидов сильноосновными смолами в хлоридной форме величина K_3 очень мала, т. е. K_1 намного меньше K_2 и цианиды должны достаточно полно сорбироваться из щелочных растворов.

У слабоосновных анионитов в гидроксильной форме низкое значение $K_{дисс}$ (рК = 7—9) и, следовательно, значение K_3 достаточно велико. Поэтому такие смолы в хлоридной форме будут в первую очередь поглощать гидроксил-ионы и емкость их по отношению к цианидам будет незначительной.

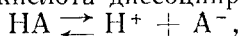
Таким образом, при использовании смол в солевой форме для очистки сточных вод с высоким значением рН от простых цианидов можно применять только сильноосновные аниониты.

При поглощении смолой (анионитом) в гидроксильной форме цианидов из нейтральных или слабокислых растворов решающим фактором процесса служит степень диссоциации слабой кислоты (какой, в частности, является синильная кислота) и степень диссоциации функциональных групп смолы.

В нейтральных или слабокислых растворах цианиды находятся в виде очень слабо диссоциированной синильной кислоты ($K_{\text{дисс}} = 4,5 \cdot 10^{-10}$), поэтому не все смолы, а только некоторые из них, могут поглощать синильную кислоту за счет ионного обмена.

Взаимодействие между кислотой и функциональной группой смолы происходит при таком значении рН раствора, при котором кислота и функциональные группы смолы находятся в диссоциированном состоянии. Для любых кислот число продиссоциированных молекул преобладает над числом недиссоциированных при условии, что рН раствора превышает рН ионита. Сказанное выше можно проиллюстрировать следующим.

В растворе слабая кислота диссоциирует по уравнению



отсюда константа ее диссоциации

$$K_{\text{дисс}} = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \text{ или } \frac{K_{\text{дисс}}}{[\text{H}^+]} = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}.$$

Для диссоциации хотя бы половины молекул кислоты необходимо, чтобы численные значения константы диссоциации и кислотности были одинаковы, т. е.

$$K_{\text{дисс}} = [\text{H}^+] \text{ или } \text{p}K_{\text{кислоты}} = \text{pH}.$$

При уменьшении кислотности или увеличении рН число диссоциированных молекул будет увеличиваться и их общее число превысит половину в том случае, когда $K_{\text{дисс}}$ будет больше $[\text{H}^+]$ или рН превысит рК кислоты. Аналогично рассуждая относительно анионита, увидим, что для диссоциации его функциональных групп необходимо условие, при котором рН будет меньше $14 - \text{p}K_{\text{анионита}}$.

Учитывая, что ионный обмен может иметь место только при одновременной диссоциации как кислоты, так и функциональных групп смолы, необходимо, чтобы между цианидами (синильной кислотой) и смолой в гидроксильной форме было соблюдено неравенство

$$14 - \text{p}K_{\text{анионита}} > \text{p}K_{\text{кислоты}}.$$

У слабоосновных анионитов рК находится в пределах 7—9, а рК синильной кислоты равен 9,31, следовательно, для того чтобы протекал процесс ионного обмена между цианидами и смолой в гидроксильной форме необходимо соблюдение неравенства

$$14 - \text{p}K_{\text{анионита}} > 9,31.$$

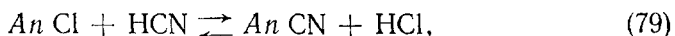
Ввиду того что для слабоосновных анионитов это неравенство не соблюдается, они не могут (в гидроксильной форме) поглощать цианиды.

В противоположность слабоосновным анионитам, при сорбции цианидов сильноосновными смолами в гидроксильной форме приведенное выше неравенство соблюдается и функциональные группы смолы вступают в обменную реакцию с цианидами. Следовательно, для поглощения цианидов из нейтральных или слабокислых растворов смолами в гидроксильной форме применимы только сильноосновные аниониты.

При выборе наиболее приемлемого процесса для очистки сточных вод (сорбировать цианиды либо из сильнощелочного раствора смолой в солевой форме, либо из нейтрального или даже слабокислого раствора сильноосновной смолой в гидроксильной форме) надо определить сорбционную емкость анионита в обоих названных процессах ионного обмена.

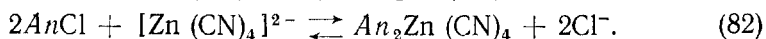
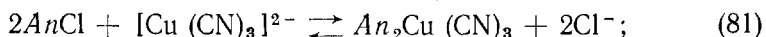
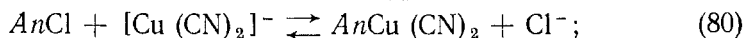
В первом случае реакция обмена (75) протекает с выделением в воду некоторого количества электролита, который сдвигает ее влево. Во втором случае в результате взаимодействия между анионитом и кислотой [см. реакцию (78)] образуется вода. Поэтому емкость смолы здесь будет выше, чем при ионообмене с анионитом в солевой форме. Таким образом, поглощение цианидов выгоднее осуществлять смолой не в солевой форме из сильнощелочной среды, а сильноосновной смолой в гидроксильной форме из нейтральной или слабокислой среды. Для получения оптимальных условий ионного обмена в случаях, когда очищаемая сточная вода имеет щелочную реакцию, ее следует нейтрализовать профильтровыванием через колонку с Н-катионитом, расположенную перед анионитовыми колонками.

При поглощении цианидов смолой в солевой форме из нейтральных или слабокислых растворов одним из продуктов реакции обмена является сильная соляная кислота:



которая полностью сдвигает реакцию обмена (78) влево и никакого взаимодействия между смолой в солевой форме и синильной кислотой не происходит.

Сорбция ионообменными смолами комплексных цианидов меди или цинка описывается следующими уравнениями:



Как можно видеть из сопоставления реакций (80)—(82) и (76) и (78), при сорбции простых цианидов одна гидратированная активная группа смолы обменивается только на один циан-ион,

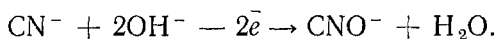
в то время как при взаимодействии функциональной группы смолы с комплексными цианидами меди или цинка она поглощает их в полтора или даже два раза больше.

Кроме того, при увеличении валентности иона, степень сродства его к аниониту увеличивается. Поэтому многовалентные анионы цианистых комплексов поглощаются смолами в большей степени, чем простые одновалентные цианиды. Этим объясняется то, что емкость анионообменных смол по цианидам больше при поглощении ими из растворов цианистых комплексов.

Регенерацию анионитов после насыщения их цианидами можно проводить как щелочью, так и кислотой. Выбор того или иного регенерирующего раствора зависит от принятой технологической схемы очистки сточных вод и от характера производства, сбрасывающего цианосодержащие сточные воды.

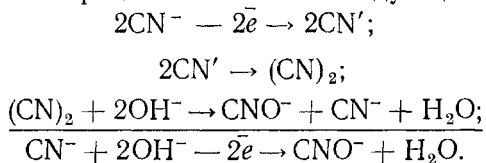
Метод электрохимического окисления на аноде

Электрохимическое окисление цианидов на аноде протекает по реакции

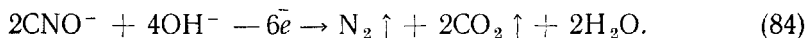


В своей диссертации Б. В. Сахарнов¹ приводит данные работы Шмидта и Майнерта, в которой сказано что при электрохимическом окислении цианидов на платиновом аноде вначале происходит окисление свободного цианид-иона CN^- до свободного радикала CN' , который весьма неустойчив и переходит в стабильную форму — дициан. Затем в щелочной среде дициан гидролизует с образованием цианатов.

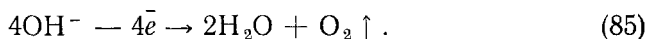
Рассмотренный процесс описывается следующими уравнениями:



Образовавшиеся цианаты в дальнейшем окисляются до элементарного азота и двуокиси углерода:



Одновременно с реакциями (83) и (84) на аноде происходит разряд гидроксильных ионов:



Поскольку в сточных водах предприятий цветной металлургии концентрация цианидов относительно невелика (300—400 мг/л),

¹ Сахарнов Б. В. Автореферат диссертации. Москва, 1961.

при электролизе одновременно протекают все три процесса, что оказывает влияние на расход электроэнергии и выход по току. Например, при концентрации цианидов 100—120 мг/л и плотности тока 2—4 а/дм² на магнетитовом аноде выход по току составляет 3—4%. Для увеличения выхода по току, например, до 30—40% приходится снижать анодную плотность тока до 0,1—0,4 а/дм², что в свою очередь уменьшает скорость окисления цианидов.

Этот процесс отображают кривые, показанные на рис. 12. Однако скорость окисления цианидов можно значительно увеличить, добавив в обрабатываемый раствор хлорид натрия. При этом наряду с разрядом на аноде цианид-ионов происходит разряд хлорид-ионов:



Выделяющийся при этом на аноде свободный хлор в щелочной среде образует гипохлорит-ион, который окисляет цианиды согласно реакции (46).

Образующиеся при окислении цианидов гипохлорит-ионом хлорид-ионы вновь разряжаются на аноде до свободного хлора, который окисляет новые порции цианидов. Таким образом, хлориды в этом процессе являются катализаторами. На основании этого можно было бы предположить, что количество добавляемого в процесс хлорида натрия не должно существенно влиять на скорость реакции окисления цианидов, однако лимитирующей здесь является реакция (83), на скорость протекания которой концентрация хлорид-ионов оказывает существенное влияние. Это было показано в работе Ю. Ю. Лурье и В. Е. Генкина [47, с. 21; 59; 60], которые увеличением вводимой дозы хлорида натрия увеличили выход по току до 60—80% при снижении расхода электроэнергии до 0,007—0,01 квт·ч на окисление 1 г CN⁻. Это отображают кривые, показанные на рис. 13.

Кроме того, повышение в растворе концентрации хлорида натрия увеличивает его электропроводность, что также приводит к снижению затрат электроэнергии на окисление цианидов. Процесс электрохимического окисления цианидов можно ускорить, помимо введения в раствор катализатора — хлорида, непрерывным механическим перемешиванием обрабатываемой воды или применением вращающегося анода. В данном случае ликвидируется образование повышенных концентраций продуктов окисления около анода и скорость разрушения цианидов увеличивается в 1,5—2,0 раза.

При электрохимическом окислении цианидов в промышленных сточных водах большое значение имеет выбор материала анода. Основным требованием к нему является его нерастворимость в процессе окисления. Результаты проведенных испытаний анодов, изготовленных из свинца, никеля, нержавеющей стали, магнетита, графита, показали, что наиболее пригодными могут

быть только аноды из графита или магнетита. Однако графит подвергается механическому разрушению, загрязняя очищаемые сточные воды грубодисперсными примесями, магнетит же трудно поддается механической обработке.

При электрохимической очистке сточных вод, загрязненных комплексными цианидами меди или цинка, катод следует изготавливать из того металла, который входит в состав комплекса. В этом

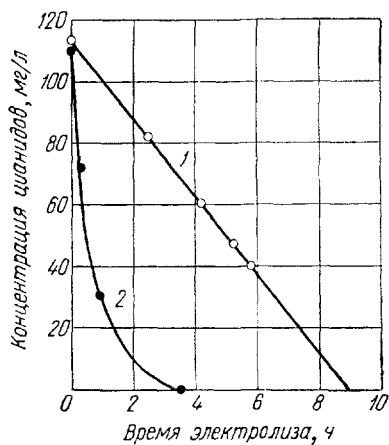


Рис. 12. Изменение скорости окисления цианидов на магнетитовом аноде в зависимости от плотности тока, а/дм²:

1 — 0,4; 2 — 4,0

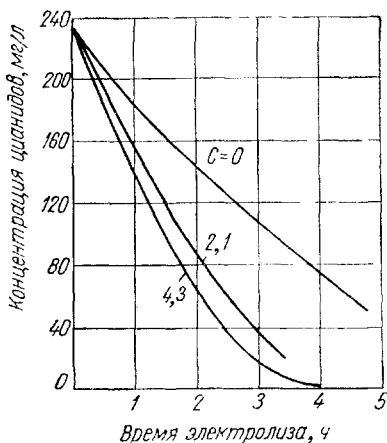
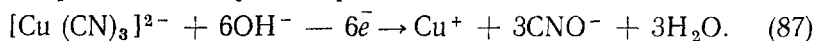


Рис. 13. Изменение скорости окисления цианидов в зависимости от добавки хлорида натрия. C — отношение количества хлорид-иона, внесенного в раствор, к количеству, теоретически необходимому по реакции окисления

случае на нем получается непосредственно черновой металл, который можно в дальнейшем использовать в производстве.

При анодном окислении комплексных цианидов, например меди, протекает следующая реакция:



Образующаяся одновалентная медь далее окисляется до двухвалентной:



которая затем восстанавливается и откладывается на катоде в виде металлической:



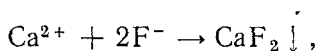
Следовательно, электрохимический метод окисления, являющийся по отношению к цианидам деструктивным, в то же время приводит к тому, что можно утилизировать металлы, связанные в комплекс с цианидами.

Методы очистки сточных вод от фторидов

Фториды как загрязнение промышленных сточных вод встречаются в стоках, сбрасываемых титано-магниевыми заводами, предприятиями редкометаллической промышленности и производствами, сопутствующими цветной металлургии, например производством суперфосфата. Концентрации фторидов в сточных водах колеблются в весьма широких пределах: от 1—2 до 75 мг/л для титано-магневых заводов, от 450 до 900 мг/л для предприятий редкометаллической промышленности и достигают 190 000 мг/л в сточных водах суперфосфатного производства.

Принцип химической очистки сточных вод от фторидов (F^-) основан, как и большинство химических методов, на связывании их в труднорастворимые соединения, какими является, в частности, фторид кальция CaF_2 . Произведение растворимости CaF_2 равно $4 \cdot 10^{-11}$, соответственно растворимость его в 100 г воды при 20° С составляет $1,6 \cdot 10^{-3}$ г, или 16 мг/л [61].

Ввиду того что величина растворимости CaF_2 в большой степени зависит от избыточной концентрации применяемого при очистке реагента (в частности, Ca^{2+}), определить действительную растворимость при 20%-ном избытке извести можно следующим образом:



где молекулярная масса Ca^{2+} равна 40, а молекулярная масса $2F^-$ — 38.

Если принять для расчета концентрацию F^- в очищаемой сточной воде, равной 50 мг/л, то по приведенной выше реакции теоретически необходимое количество Ca^{2+} можно определить из равенства

$$C = \frac{50 \cdot 40}{38} = 52,63.$$

Ввиду того что обусловлено введение 20%-ного избытка кальция, т. е. дополнительное введение еще 10,526 мг/л Ca^{2+} , суммарный расход его составит $52,63 + 10,526 = 63,156$ мг/л. Однако на величину растворимости CaF_2 будет влиять, как сказано выше, только избыток Ca^{2+} . Поэтому

$$IP = [Ca^{2+}] [F^-]^2 f_{Ca^{2+}} (f_{F^-})^2,$$

где $[Ca^{2+}]$ — концентрация свободного избыточного иона кальция равна 10,526;

$[F^-]$ — искомая концентрация фторида;

$f_{Ca^{2+}}$ — коэффициент активности иона кальция, равный 0,75* при ионной силе $\mu = 0,005$;

f_{F^-} — коэффициент активности иона фтора, равный 0,93 при ионной силе $\mu = 0,005$ *.

* Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. Изд-во «Химия», 1966, с. 104.

Отсюда произведение $f_{Ca^{2+}} (f_{F^-})^2 = 0,65$. Ввиду того что произведение растворимости CaF_2 равно $4,0 \cdot 10^{-11}$, данное равенство можно переписать в виде

$$ПР_{CaF_2} = 4,0 \cdot 10^{-11} = [Ca^{2+}] [F^-]^2 \cdot 0,65.$$

Переведя концентрацию ионов Ca^{2+} из *мг/л* в *моль/л* получим

$$Ca^{2+} = 10,526 \text{ мг/л} = \frac{10,526}{40} = 0,26 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}.$$

Заменяв концентрацию F^- буквой X , имеем

$$ПР_{CaF_2} = 0,26 \cdot 10^{-3} X^2 \cdot 0,65 = 4,0 \cdot 10^{-11}.$$

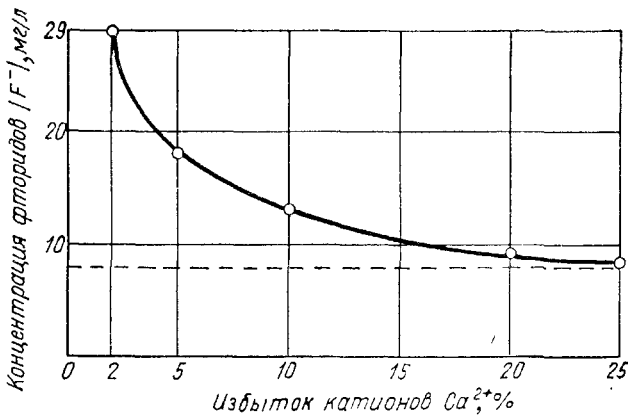


Рис. 14. Зависимость остаточной концентрации фторидов от избытка ионов Ca^{2+} в растворе. Начальная концентрация фторидов принята равной $50 \text{ мг/л } F^-$

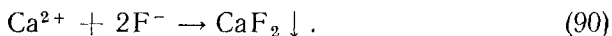
Решив это уравнение относительно X , найдем, что концентрация F_2 при 20%-ном избытке Ca^{2+} составит $4,81 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$, или $4,81 \cdot 19 \cdot 10^{-4} = 9,14 \text{ мг/л}$.

Следовательно, растворимость CaF_2 в данном случае окажется равной $18,76 \text{ мг/л}$.

Проведя аналогичные подсчеты остаточной концентрации фторидов при других величинах избытка ионов кальция, построили кривую зависимости концентрации фторидов от избытка ионов Ca^{2+} (рис. 14).

Из этой кривой следует, что при очистке сточных вод от фторидов осаждением их в виде фторида кальция минимальная возможная остаточная концентрация F^- в очищенной воде составит $8-9 \text{ мг/л}$ при избытке ионов Ca^{2+} более 20% от теоретически необходимого их количества. При меньшем содержании избытка кальция остаточная концентрация фторидов увеличивается. По существующим предельно допустимым санитарным нормам концентра-

ция фторидов в водоемах должна составлять 1,5 мг/л, следовательно, очищенная осаднением фторида кальция вода должна быть разбавлена в водоеме не менее, чем в 5,3 раза. Поэтому в тех редких случаях, когда мощность водоема, в который сбрасывают очищенные этим способом от фторидов сточные воды, не обеспечивает указанного разбавления, их приходится подвергать доочистке от остаточной концентрации F^- . Основная реакция осаждения фторида кальция [62]:



Из нее следует, что в качестве реагента можно применять известковое молоко, обожженный доломит и другие соединения, дающие в раствор катионы Ca^{2+} .

Очистка сточных вод от фторидов известью происходит сравнительно легко при большой концентрации F^- , труднее при меньшей и совсем невозможна, если концентрация фторидов в воде менее 8—20 мг/л.

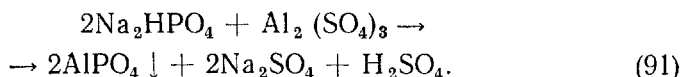
Количество необходимого для осаждения фторида кальция известкового молока вычисляют по реакции (90) и к нему добавляют реагент в некотором избытке для нейтрализации присутствующих в данной сточной воде кислот и для создания избытка катионов Ca^{2+} , обеспечивающего наименьшую возможную остаточную концентрацию фторидов в очищенной воде.

Для ряда сточных вод практически расход активной CaO превышает необходимое его количество по реакции в два раза.

Также практически, по данным многолетних испытаний на криолитовом заводе, на котором работает установка по очистке сточных вод от фторидов известковым молоком, остаточная концентрация F^- в очищенной сточной воде составляет 12—20 мг/л. Количество образующегося при данном способе очистки осадка составляет 5—12% от объема очищаемой сточной воды, что зависит как от начальной концентрации в ней фторидов, так и от качества и количества применяемого для нейтрализации известкового молока, а также содержания в обрабатываемой сточной воде грубодисперсных примесей или катионов тяжелых металлов.

Доочистку воды от фторидов можно производить как солями алюминия, так и фосфатами [63]. В первом случае доочистка основана на реакции адсорбции фторидов хлопьями коагулянта. При введении в очищаемую сточную воду 10-кратного по отношению к фторидам количества сульфата алюминия снижение концентрации фторидов происходит до 1 мг/л и меньше. Изменение pH обрабатываемой сточной воды до 3,8 снижает расход реагента (при том же эффекте очистки) в 4 раза. Очень хорошие результаты доочистки получаются при коагулировании свежесоздавшимся фосфатом алюминия в момент его образования. Если к очищаемой сточной воде прибавить 10%-ный раствор сульфата алюминия, а затем 10%-ный раствор двухосновного фосфорно-

кислого натрия, то в момент прибавления этих двух растворов образуется свежеосажденный фосфат алюминия по реакции



Этот осадок фосфата алюминия сорбирует из воды фториды. Оптимальными условиями проведения очистки является рН = 3,05–3,68 и 10-кратная доза AlPO_4 по отношению к фторидам при их концентрации перед доочисткой порядка 10 мг/л. Если концентрация фторидов перед доочисткой выше 10 мг/л, то необходимая доза AlPO_4 возрастает в 10 раз и становится 10-кратной.

В табл. 63 приведены результаты очистки сточных вод от фторидов свежеосажденным фосфатом алюминия.

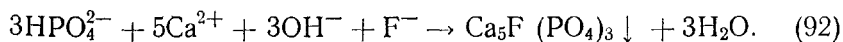
Таблица 63

Доочистка сточных вод от фторидов свежеосажденным фосфатом алюминия

Концентрация фторидов, мг/л		Доза введенного AlPO_4 , мг/л	рН	Эффект очистки, %
до коагулирования	после коагулирования			
11,2	—	0	>9,55	0
11,2	8,4	80	6,55	25
11,2	0,4	100	3,68	96,5
11,2	0,2	1000	3,05	98,3
30	—	0	>9,55	0
30	5,2	240	5,90	82,7
30	4,0	300	5,75	86,7
30	0,2	3000	2,0	99,3
62	—	0	>9,55	0
62	10,0	600	4,75	83,9
62	0,12	6000	2,35	99,8

Из данных табл. 63 также можно сделать вывод, что указанный метод применим только для доочистки сточных вод от фторидов, когда концентрация их не превышает 10–20 мг/л, в противном случае, вместо 10-кратной дозы коагулянта следует брать 100-кратную. Поэтому при содержании фторидов свыше 20 мг/л сточную воду обрабатывают известковым молоком для осаждения основного количества фторидов в виде фторида кальция и уже после этого (при необходимости) доочищают коагулированием.

Второй способ доочистки фторсодержащих сточных вод фосфатами основан на образовании труднорастворимого соединения типа апатита $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ по реакции



В качестве реагентов можно использовать как 10%-ный раствор двухосновного фосфорнокислого натрия $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, так и 10%-ный раствор суперфосфата. Дозировку рассчитывают по PO_4^{3-} . В отличие от рассмотренного выше метода доочистки в данном случае, помимо анионов HPO_4^{2-} , для получения $\text{Ca}_3\text{F}(\text{PO}_4)_3$ необходимы катионы Ca^{2+} . Реакция, как можно видеть, протекает в щелочной среде. Поэтому, кроме фосфатов, в очищаемую сточную воду добавляют известь с таким расчетом, чтобы в избытке было около 100—200 мг/л кальция, необходимого для связывания остающегося фосфата. При использовании суперфосфата требуемое количество извести в 2 раза меньше. Например, если при доочистке сточной воды двухосновным фосфорнокислым натрием необходимо добавить к ней около 1000 мг/л активной CaO , то при доочистке суперфосфатом нужное количество вводимой активной CaO составляет только 500 мг/л.

Принципиальная технологическая схема доочистки сводится к следующему:

1. Обработанную известковым молоком фторсодержащую сточную воду подвергают отстаиванию для выделения в осадок фторида кальция.

2. К осветленной воде добавляют 10%-ный раствор двухосновного фосфорнокислого натрия или суперфосфата в двукратном по сравнению с теоретически необходимым количестве (в расчете на PO_4^{3-})*.

3. Добавляют известь в виде 5%-ного по активной CaO , известкового молока в количестве 1000 мг/л при использовании $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ и 500 мг/л при применении суперфосфата.

4. Время перемешивания очищаемой сточной воды с реагентами 1,5 ч, остаточная концентрация фторидов в очищенной сточной воде 0,5—1,5 мг/л.

Ввиду того что в рекомендуемых ниже общих технологических схемах очистки сточных вод предприятий цветной металлургии очистка сточных вод от фторидов не будет специально рассмотрена, приведем полную технологию очистки фторсодержащих сточных вод, разобранный на одном из примеров для конкретного действующего предприятия.

Количество сбрасываемых на очистку фторсодержащих сточных вод составляет 716 м³/сутки. Концентрация в них фтора равна

* Вследствие того, что выпускаемый промышленностью суперфосфат является фосфорным удобрением, его характеризуют по содержанию питательного вещества — фосфорного ангидрида (усвояемого P_2O_5), содержание которого в товарном продукте обычно составляет не менее 19%. Ввиду того, что дозировку фосфатов для очистки сточных вод производят по PO_4 , содержание в суперфосфате водорастворимого P_2O_5 необходимо пересчитать по PO_4 . Для этого содержание P_2O_5 в суперфосфате, выраженное в процентах, умножают на коэффициент пересчета 1,3381 и получают процентное содержание PO_4 . Если в суперфосфате содержалось 19% P_2O_5 , то процент PO_4 в нем будет равен $19 \cdot 1,3381 = 25,4$.

2,71 г/л. Мощность водоема, в который сбрасывают очищенные сточные воды, такова, что не обеспечивает требуемого разбавления остаточной концентрации фторидов после обработки стока известковым молоком. Следовательно, требуется доочистка, для которой в качестве реагента используют суперфосфат. Расход активной CaO на предварительную очистку от фтора составляет 4,8 г/л [его определяют по реакции (90) с учетом 20%-ного избытка]. Расход товарной извести, содержащей 50% активной CaO равен 9,6 г/л, или в пересчете на всю сточную воду, 6,9 т/сутки.

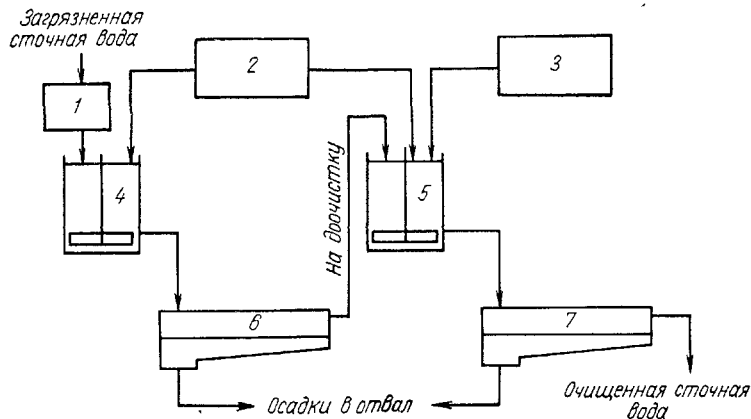


Рис. 15. Принципиальная схема полной очистки фторсодержащих сточных вод:
 1 — усреднитель фторсодержащих стоков; 2 — бак с известковым молоком; 3 — бак с раствором суперфосфата; 4 — камера реакции для предварительной очистки; 5 — камера реакции для доочистки; 6 — отстойник для CaF_2 ; 7 — отстойник для $\text{Ca}_8\text{F}(\text{PO}_4)_3$

Остаточную концентрацию фторидов в предварительно очищенной известью сточной воде принимают равной 20 мг/л, что по условиям задачи требует доочистки ее суперфосфатом. Время контакта фторсодержащей сточной воды с известковым молоком составляет 15 мин, а время последующего отстаивания для выпадения в осадок фторида кальция — 2 ч.

Объем получающегося осадка равен 120 м³/сутки при его влажности 96% [расчет проводят по реакции (90) на CaF_2], что составляет 16,8% от объема очищаемой сточной воды.

Итак, количество сточных вод, подвергаемых доочистке, составляет 716 м³/сутки с концентрацией в них фторидов, равной 20 мг/л. Расход активной CaO на доочистку составит 340 мг/л. Расход товарной извести, содержащей 50% активной CaO, соответственно будет равен 487 кг/сутки, или 0,5 т/сутки. Расход суперфосфата, определенный по реакции (91) (в пересчете на PO_4 с учетом двукратного его количества по сравнению с необходимым теоретически) составит 570 мг/л. Расход товарного (содержащего

19% P_2O_5) суперфосфата будет равен 2280 г/м^3 или на всю очищаемую сточную воду $(2,28 \cdot 716) : 1000 = 1,63 \text{ т/сутки}$.

Время контакта сточной воды с реагентами при доочистке составляет 1,5 ч (при этом перемешивание сжатым воздухом не рекомендуется). Время последующего отстаивания 2 ч. Остаточная концентрация фторидов в доочищенной сточной воде равна 0,5—1,5 мг/л. Объем получаемого при доочистке осадка равен $9 \text{ м}^3/\text{сутки}$ [расчет проводят по реакции (92) на $Ca_5F(PO_4)_3$] при влажности его 96%, что составляет 1,2% объема сточной воды, подлежащей доочистке. Принципиальная схема очистки сточных вод от фторидов приведена на рис. 15.

Методы очистки сточных вод от мышьяка

Сточные воды предприятий цветной металлургии, некоторые шахтные воды, а также стоки сернокислотных производств бывают загрязнены в отдельных случаях мышьяком, концентрация которого достигает 2—5 мг/л. Ввиду того что по токсикологическим показателям мышьяк является сильно ядовитым веществом, предельно допустимая концентрация его в воде водоемов не должна превышать 0,05 мг/л.

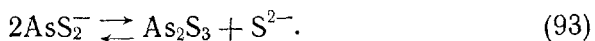
В зависимости от вида производства и рН сточных вод мышьяк в растворе может находиться в составе анионов тиосолей или в составе кислородсодержащих анионов.

Трехвалентный мышьяк в виде катиона As^{3+} может содержаться в растворе только в очень кислой среде, что в практике предприятий цветной металлургии почти не встречается.

Мышьяк в виде анионов AsS_4^- и AsS_3^{2-} может находиться в растворе только в присутствии свободных сульфид-ионов. Кислородсодержащие анионы мышьяка — соли мышьяковистой и мышьяковой кислот — могут существовать только в слабокислых, нейтральных или щелочных средах при отсутствии в них сероводорода и сульфид-ионов.

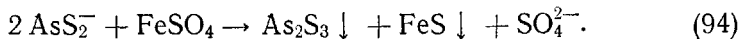
Метод очистки тех или иных сточных вод выбирают в зависимости от формы нахождения в них мышьяка.

Очистка сточных вод от мышьяка, входящего в состав анионов тиосолей, основана на том, что эти анионы диссоциируют в растворе с образованием сульфид-иона:



Вывода сульфид-ионы из раствора, реакцию (93) практически можно целиком сдвинуть вправо, в сторону образования нерастворимых сульфидов мышьяка, и тем самым очистить от него воду. На практике, сульфиды при одновременном разложении тиосолей осаждают при добавлении к очищенным сточным водам сульфата

железа (II), который образует чрезвычайно мало растворимый сульфид железа (произведение растворимости FeS равно $3,7 \cdot 10^{-19}$):



Ввиду того что сточную воду, как правило, практически необходимо очищать до нулевой остаточной концентрации мышьяка, общий расход сульфата железа определяют по тому количеству, которое необходимо для осаждения избыточных сульфид-ионов в виде сульфида железа и для разложения тиосолей по реакции (93). Его можно подсчитать по формуле

$$Q = (8,7C_{\text{S}^{2-}} + 1,85C_{\text{As}^{3+}} + q),$$

где Q — общий расход сульфата железа $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ г/л;
 $C_{\text{S}^{2-}}$ — концентрация несвязанных сульфид-ионов, г/л;
 $C_{\text{As}^{3+}}$ — концентрация мышьяка, входящего в состав анионов AsS_2^- или AsS_3^- ;
 q — дополнительное количество сульфата железа, необходимое для коагулирования образовавшегося сульфида железа. Обычно его принимают равным от 1 до 5 г/л.

При обработке сточной воды сульфатом железа (II) в найденном количестве Q при желании можно подсчитать остаточную концентрацию мышьяка в очищенной воде по описанному ниже способу.

Остаточной концентрации железа соответствует определенная концентрация мышьяка, входящего в состав тиосолей.

Остаточную концентрацию сульфид-ионов можно найти из произведения растворимости FeS:

$$\text{ПР}_{\text{FeS}} = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}], \text{ откуда } [\text{S}^{2-}] = \frac{\text{ПР}_{\text{FeS}}}{[\text{Fe}^{2+}]}.$$

За счет этой серы в воде остается мышьяк, входящий в анион AsS_2^- . Концентрацию этого аниона можно определить из константы равновесия реакции (93), которая равна:

$$K_{\text{равн}} = \frac{[\text{S}^{2-}]}{[\text{AsS}_2^-]},$$

откуда

$$[\text{AsS}_2^-] = \frac{[\text{S}^{2-}]}{K_{\text{равн}}}.$$

Подставив в это уравнение значение $[\text{S}^{2-}]$, из выражения произведения растворимости FeS получим

$$[\text{AsS}_2^-] = \frac{\text{ПР}_{\text{FeS}}}{[\text{Fe}^{2+}] K_{\text{равн}}}.$$

Данное выражение справедливо для тех случаев, когда очистке от мышьяка подвергают слабоминерализованные стоки. При очистке сильноминерализованных стоков в это равенство следует вводить коэффициенты активности.

Очистка сточных вод от мышьяка, находящегося в растворе в виде кислородсодержащих анионов, основана на способности их образовывать в присутствии гашеной извести труднорастворимые осадки солей кальция $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ или $\text{Ca}_3(\text{AsO}_3)_2$ по следующим, описанным ниже реакциям:

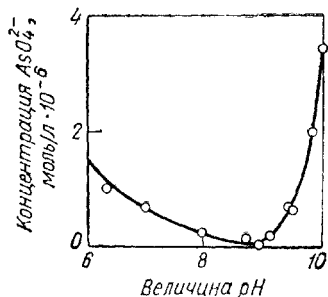
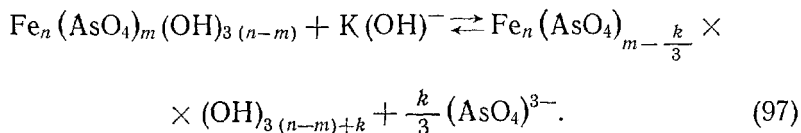


Рис. 16. Зависимость концентрации арсенат-ионов от конечного значения pH раствора

значительна (например, произведение растворимости $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ равно $6,8 \cdot 10^{-19}$) и в очищаемом растворе остаточная концентрация мышьяка в 70—100 раз превышает предельно допустимую норму для водоемов. Поэтому после очистки сточных вод гашеной известью требуется дополнительное разведение стока в водоеме, что не всегда возможно. В результате исследований В. В. Доливо-Добровольского [64] установлено, что при осаждении арсенат-иона сульфатом железа (II), конечное значение pH должно быть около 9. При увеличении pH увеличивается концентрация мышьяка в растворе над осадком (рис. 16). Эта зависимость объясняется обратимой гетерогенной реакцией обмена арсенат-иона из мышьяковокислого осадка железа с гидроксил-ионами раствора:



Выделившийся из осадка в результате ионного обмена анион $(\text{AsO}_4)^{3-}$ частично затем гидролизуеться с образованием HAsO_4^{2-} и H_2AsO_4^- . Результаты расчетов показывают, что в условиях осаждения мышьяк в растворе остается в основном в виде HAsO_4^{2-} .

Осаждение мышьяка по этому методу с получением солей железа возможно не только солями трехвалентного железа, но и солями закиси железа. Однако в этом случае расход солей железа (по Fe) увеличивается в 3—4 раза.

Поскольку извлечение мышьяка из воды происходит не непосредственно солями железа, а их гидроокисями, которые образуются в условиях очистки воды, была сделана попытка сорбции мышьяка свежеприготовленным осадком $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Однако остаточная концентрация загрязнений после такой очистки была значительно выше, чем при осаждении мышьяка гидроокисью железа в момент ее образования.

Таким образом, очистка сточных вод от мышьяка вне зависимости от формы нахождения его в растворе сводится к обработке сточных вод солями железа.

Методы очистки сточных вод от нефтепродуктов

Очистка сточных вод предприятий цветной металлургии от нефтепродуктов представляет собой весьма трудную задачу ввиду того, что под понятием «нефтепродукты» подразумевают неидентифицированную группу углеводородов нефти, мазута, керосина, масел и их смесей. Эти соединения могут находиться в сточных водах как в растворенном состоянии (растворимость, например, очищенного и перегнанного керосина порядка 80, растворимость сырой нефти 5—20 мг/л), так и в эмульгированном, что зависит от растворимости в воде и, соответственно, концентрации рассматриваемых соединений.

Благодаря тому, что растворимость нефтепродуктов в воде относительно невелика, загрязненные ими сточные воды содержат их главным образом в виде нерастворенных эмульгированных, всплывающих или тонущих примесей. Поэтому основные известные и разработанные методы очистки сточных вод от нефтепродуктов сводятся к механическому их отстаиванию в нефтеловушках, фильтрованию через кварцевые фильтры и т. п.

По данным И. Л. Монгайта [65], обычно после нормально работающей нефтеловушки содержание нефтепродуктов в очищенной воде составляет 50—200 мг/л. Очистка нефтьсодержащих сточных вод по методу флотации приводит к снижению концентрации нефтепродуктов с 5—20 мг/л на 87—95%.

При фильтровании нефтьсодержащих сточных вод через кварцевые фильтры содержание нефтепродуктов в воде снижается с 36 до 2,1 мг/л.

Даже после биохимической доочистки нефтьсодержащая сточная вода, хотя уже и не имеет запаха нефтепродуктов, но содержит их до 5—10 мг/л (вещества, экстрагируемые растворителями). Таким образом, как механические, так и биохимические методы очистки сточных вод от нефтепродуктов не пригодны для очистки

сточных вод предприятий цветной металлургии, загрязненных обычно 10—20 мг/л нефтепродуктов, находящихся в растворенном состоянии.

Наиболее пригодными для такого рода сточных вод физико-химическими методами очистки являются методы, основанные на коагулировании или адсорбции.

При коагулировании сточных вод, загрязненных керосином, сульфатом железа (II) и известью, или сульфатом алюминия и

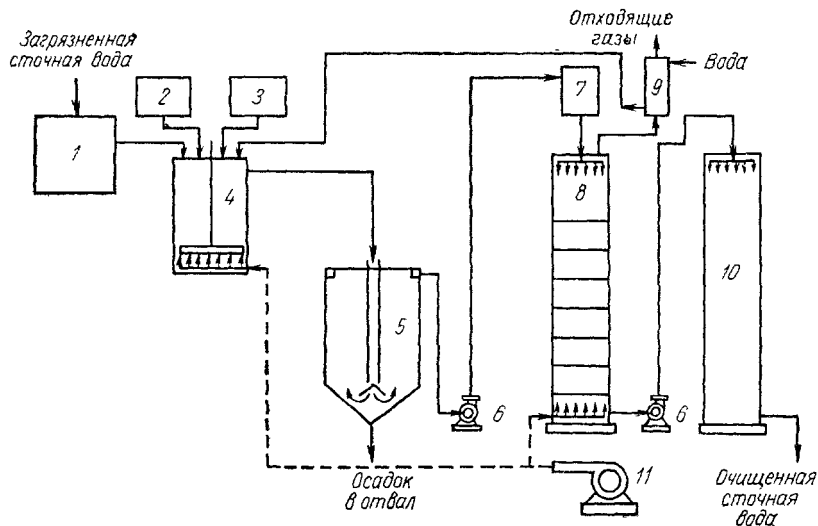


Рис. 17. Принципиальная схема полной очистки сточных вод от нефтепродуктов:

1 — усреднитель сточной воды; 2 — бак с раствором сульфата железа (II); 3 — бак с известковым молоком; 4 — камера реакции; 5 — вертикальный отстойник; 6 — насосы; 7 — сборник осветленной воды; 8 — колонна для отдувки керосина; 9 — поглотитель паров керосина; 10 — сульфугольный фильтр; 11 — воздуходувка

известью, содержание керосина в сточной воде снижается на 60% от первоначального. При исходной концентрации нефтепродуктов порядка 5—10 мг/л после коагулирования в воде остается около 2 мг/л. Если при этом производить перемешивание воздухом, то концентрация керосина снижается на 80—90% от первоначальной величины [66, 67].

Дальнейшее удаление остатков керосина можно проводить фильтрованием сточной воды через сульфугольный фильтр со скоростью 3 м/ч. Один грамм сульфугля задерживает около 50 мг керосина. При относительно невысокой его стоимости (сульфуголь Воскресенского химкомбината стоит 90—100 руб. за 1 т) регенерация его нецелесообразна и отработанная загрузка сжигается.

П. С. Антипова и В. А. Щербаков [68] предложили технологию очистки сточных вод от нефтепродуктов (в частности, от керосина),

включающую коагулирование, отдувку и доочистку на сульфугольных фильтрах.

Необходимая доза коагулянта зависит от рН сточных вод, от солевого состава, характера растворенных нефтепродуктов и не зависит от их концентрации (если она не превышает 50 мг/л).

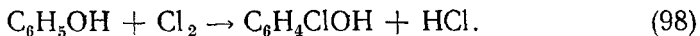
При достижении изоэлектрической точки, т. е. полного хорошего коагулирования содержащиеся в воде нефтепродукты сорбируются поверхностью хлопьев коагулянта и при дальнейшем отстаивании удаляются из сточных вод вместе с твердой фазой. Остаток нефтепродуктов после коагулирования составляет около 4 мг/л при начальной их концентрации до 50 мг/л. Принципиальная схема очистки сточных вод от нефтепродуктов приведена на рис. 17. Очищаемая сточная вода содержала 1—5 мг/л керосина; скорость прохождения ее в цепи аппаратов составляла 5 м/мин; расход сульфата железа (II) 80—90 г/м³; извести (СаО) 60—70 г/м³; время пребывания в камере реакции 15 мин; время последующего отстаивания 1 ч 30 мин. Объем образующегося в отстойнике осадка составлял 0,5—0,75% от объема обрабатываемой сточной воды; его влажность 98%; восходящая скорость вертикальной струи в отстойнике 0,4—0,5 мм/сек; время отдувки керосина в колонке 10 мин при расходе 5—10 м³ воздуха на 1 м³ сточных вод. Остаток керосина в воде, поступающей на сульфугольный фильтр, достигал 0,2 мг/л, что составляет эффект очистки, равный 60%. После сульфугольного фильтра в очищенной сточной воде керосина не было.

Методы очистки сточных вод от фенола и крезолов

Наибольшие трудности возникают при очистке сточных вод предприятий цветной металлургии в тех случаях, когда они содержат фенол или крезолы, попадающие в воду от применения в процессе флотации соответствующих вспенивателей.

Ограничение содержания фенола — карболовой кислоты C₆H₅ОН — в воде обусловлено порогом запаха (0,2 мг/л) и возможностью образования хлорфенола, обладающего специфическим, навязчивым, аптечным запахом, ощущаемым при концентрации 0,001 мг/л.

Ввиду того что на водозаборных сооружениях подаваемую для питьевых нужд воду из водоемов в целях ее дезинфекции хлорируют, присутствие в ней ничтожных следов фенола приводит к образованию хлорфенольных запахов, портящих органолептические свойства воды:



Поэтому, согласно предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде водоемов, содержание фенолов (карболовой кислоты) должно быть не более, 0,001 мг/л.

В промышленных сточных водах содержание фенолов колеблется в весьма широких пределах: от 7 до 12 г/л в некоторых стоках газогенераторных станций и до 1—10 мг/л в стоках обогатительных фабрик цветной металлургии.

Соответственно существует несколько различных методов обесфеноливания сточных вод.

Для стоков, содержащих свыше 2 г/л фенола, рекомендуются методы очистки их с утилизацией.

К ним относятся методы экстракции, vaporации, сорбции, конденсации с формальдегидом, известкования, ионного обмена. Все они, кроме последнего, неприменимы к очистке сточных вод предприятий цветной металлургии, так как концентрация фенолов в них столь мала, что утилизация их нецелесообразна, тем более, что расходы сточных вод весьма значительны.

Фенольные сточные воды, в которых концентрация их не превышает 1 г/л, могут быть очищены по биохимическим методам (в аэротенках или на биофильтрах) с применением адаптированных культур микроорганизмов. После такой очистки в стоках обычно остается фенола ~2—3 мг/л. Однако методы биохимической очистки к сточным водам предприятий цветной металлургии неприменимы в силу того, что в этих стоках нет необходимых для жизнедеятельности микроорганизмов биогенных элементов, таких как азот, фосфор и ряд органических веществ. Поэтому для биохимической очистки столь минерализованных стоков потребовалось бы искусственное введение элементов питания для микроорганизмов. Кроме того, высокий рН сточных вод, содержание в них цианидов, большого количества грубодисперсных примесей делает применение биохимического метода обесфеноливания невозможным.

Адсорбцию фенолов на активном угле или применение ионообменных смол, обеспечивающих полное обесфеноливание, можно рекомендовать только в отдельных случаях в связи с тем, что сточные воды, направляемые на сорбционные или ионообменные фильтры, следует предварительно полностью освободить от грубодисперсных примесей, т. е. пропустить через кварцевые фильтры, что усложняет и удорожает очистку.

Поэтому в настоящее время наиболее приемлемыми методами обесфеноливания являются деструктивные методы, основанные на окислении фенолов до ряда безвредных, нетоксичных соединений. Одним из наиболее простых и доступных можно назвать метод окисления фенолов и крезолов «активным хлором».

Метод окисления «активным хлором»

Окисление фенолов «активным хлором» до образования продуктов, не дающих хлорфенольных запахов, является наиболее перспективным методом из-за доступности хлора и его производных. К настоящему времени проведено много работ, касающихся химизма окисления фенолов и кинетики этого процесса.

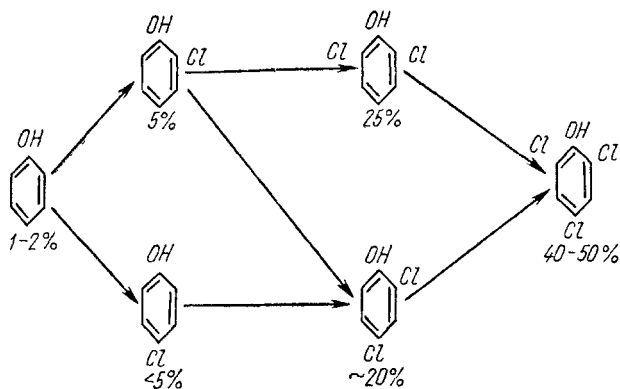
Наиболее полные данные получены при изучении химизма окисления «активным хлором» растворов, содержащих фенолов от 1 до 200 мг/л. Определение образующихся в этом случае продуктов окисления производили по анализам кривых хлороемкости, по методу бумажной хроматографии, при изучении инфракрасных спектров поглощения.

Р. Х. Буртшел [69] установил, что в зависимости от количества добавляемого «активного хлора» получают различные хлорпроизводные, представленные ниже:

Отношение (по массе) хлор : фенол	Найденные продукты окисления
0,5 : 1	Фенол; 2-хлорфенол; следы 2,6-дихлорфенола
1 : 1	Фенол; 2-хлорфенол; 2,6-дихлорфенол
2 : 1	Фенол; 2-хлорфенол; 2,6-дихлорфенол; трихлорфенол

В этих опытах наиболее интенсивный запах хлорфенола был у тех растворов, у которых отношение (по массе) «активного хлора» к фенолу составляло 2 : 1. Поэтому данный раствор был наиболее детально изучен по методу инфракрасной спектроскопии, в результате чего было установлено, что в этом растворе присутствуют моно- и трихлорпроизводные фенола и небольшие остатки простого фенола. Соотношения между указанными производными приведены ниже.

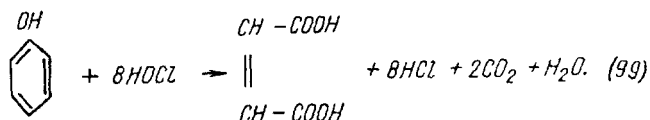
Конечные продукты окисления фенолов «активным хлором», получающиеся при весовом отношении введенного хлора к фенолу, равном 2 : 1, приведены ниже:



В этой смеси также имеется и небольшое количество карбоновых кислот.

Казалось, что образование хлорфенолов исключит возможность использования активного хлора для окисления фенолов. Однако в результате работ В. А. Пановой и Б. П. Краснова [70] было установлено, что при добавлении «активного хлора» к фенолсодержащим сточным водам из расчета 6 мг «активного хлора» на 1 мг фенола хлорфенольные запахи не образуются.

При анализе кривой хлороемкости было определено, что в этом случае фенол окисляется до малеинового ангидрида, который в дальнейшем, взаимодействуя с водой, дает малеиновую кислоту:



Далее было уточнено, что для полного разрушения фенолов и образующихся при его окислении хиноидных соединений необходимо не 6, а 8 мг «активного хлора» на 1 мг фенола, что отражают данные табл. 64.

Таблица 64

Результаты обработки растворов фенола различными дозами «активного хлора»

Исходная концентрация фенола, мг/л	Количество введенного активного хлора на 1 мг фенола, мг	Цвет раствора до обработки	Запах раствора после обработки	Наличие фенольных соединений
205	5,48	Темно-коричневый	Хлорфенола	Присутствуют
205	6,32	То же	То же	То же
220	8	Слабо-зеленоватый	Ароматический	Отсутствуют
248,5	10	Желто-зеленоватый	То же	То же

Примечание. Основную массу составляют кислотные соединения.

В случае применения дозы «активного хлора» 6 мг на 1 мг фенола в воде из циклических соединений, кроме хлорфенолов, содержатся пирокатехин, следы пирогаллола и хиноидные соединения.

Результаты анализа кислотных соединений, образующихся при обработке раствора фенола в течение суток дозами «активного хлора» не менее, чем 8 мг на 1 мг фенола, показали, что в этом случае, кроме малеиновой кислоты, образуется группа других кислот, из которых идентифицированы муконовая и муравьиная кислоты.

Из сказанного выше следует, что окисление фенола «активным хлором» протекает постадийно: сначала образуются хлорфенолы, затем многоатомные фенолы и хиноидные соединения и, наконец, группа карбоновых кислот.

Скорость процесса окисления зависит от ряда факторов, решающим из которых является величина рН раствора. Это можно объяснить тем, что «активный хлор» как окислитель находится в виде трех различных соединений в зависимости от величины рН раствора.

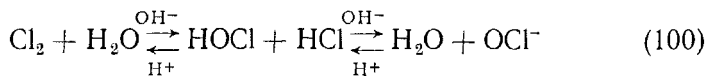
При увеличении щелочности появляется хлорноватистая кислота, а затем уже гипохлорит-ион. Окислительная способность этих соединений различна, что иллюстрируется величинами окислительно-восстановительных потенциалов, приведенными в табл. 65. На основании этих данных можно было бы предположить, что наиболее интенсивно окисление будет протекать в слабощелочной среде, в которой образуется хлорноватистая кислота в наибольшем количестве. Однако при этом содержится еще молекулярный хлор, который, вступая непосредственно в реакцию прямого хлорирования фенолов, дает хлорфенолы, не разрушая бензольного кольца. Даже в нейтральной среде, в которой постоянно происходит образование соляной кислоты, снижающей рН раствора, количество молекулярного хлора увеличивается и снижает эффект окисления фенолов.

Т а б л и ц а 65

Величины окислительно-восстановительных потенциалов различных соединений хлора

Высшая степень окисления	+ne	Нижшая степень окисления	$E_{h'}^{\circ}$, в
Cl_2 (газ)	+2e	Cl^-	1,359
$\text{HOCl} + \text{H}^+$	+2e	$\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$	1,50
$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$	+2e	$\text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$	0,90

В сильнощелочной среде содержатся только гипохлорит-ионы, обладающие относительно небольшим окислительно-восстановительным потенциалом, вследствие чего эффект окисления фенолов также невелик. Наилучших результатов достигают в слабощелочной среде (рН = 7—8,5), в которой равновесие



сдвинуто вправо, в сторону образования гипохлорит-ионов. При этом еще не образуется хлорноватистая кислота, которая имеет наивысший окислительно-восстановительный потенциал, а количество молекулярного хлора сведено до минимума. На основании

изложенного оптимальными условиями окисления фенолов «активным хлором» является поддержание рН равным 7—8,5. При этом окислительные свойства «активного хлора» еще достаточно высоки, а способность давать хлорпроизводные сведена к минимуму. Это справедливо в том случае, если количество вводимого «активного хлора» на окисление является достаточным. Доказательством того, что окисление фенолов происходит наиболее полно при $\text{pH} \approx 7$, служит работа Сопера и Смита [71], которые приводят кинетическое уравнение окисления фенолов:

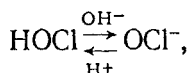
$$-\frac{d[\text{HOCl}]}{dt} = K [\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-] [\text{HOCl}]. \quad (101)$$

Уравнение (101) показывает, что скорость реакции пропорциональна концентрации фенолят-ионов и хлорноватистой кислоты. Если это справедливо, то следует, что скорость реакции зависит от двух противоречащих причин — увеличения концентрации фенолят-ионов, которое может происходить по мере возрастания рН, и возрастания рН, при котором концентрация хлорноватистой кислоты уменьшается. Для разрешения этого противоречия следует принять, что существует какой-то максимум скорости окисления, находящийся в зоне нейтральной или слабощелочной среды.

Следовательно, если принять константу диссоциации фенола равной

$$\frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-] [\text{H}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]} = 1,3 \cdot 10^{-10}$$

и сравнить ее с кривой равновесия



то можно видеть, что в щелочной среде при $\text{pH} = 10$ почти весь хлор находится в виде гипохлорит-иона, в то время как количество фенолятов составляет около 50% от всего фенола. В слабощелочной среде концентрация фенолят-ионов уменьшается, но при этом возрастает количество хлорноватистой кислоты и скорость реакции окисления увеличивается.

Подставив в кинетическое уравнение (101) величины концентраций фенолят-ионов, найденные при конкретных значениях рН из константы диссоциации фенола, и концентрации гипохлорит-иона при тех же рН, можно определить, что максимальная скорость окисления фенола лежит в области рН раствора от 7,2 до 8,5.

Кроме значений рН раствора, на скорость окисления фенола оказывают большое влияние применяемые концентрации «активного хлора» и температура проведения реакции.

Из кинетического уравнения (101) видно, что увеличение скорости реакции и увеличение количества вводимого «активного хлора» находятся в прямой зависимости. Поэтому в каждом отдельном случае необходимо подобрать такие оптимальные условия процесса, при которых экономичность его будет соответствовать объему применяемой аппаратуры (зависит от скорости реакции) и количеству расходуемых реагентов.

Как было сказано выше, на окисление 1 мг фенола требуется 8—9 мг «активного хлора». При этом окисление фенола происходит с образованием малеиновой кислоты.

В промышленных условиях для натуральных сточных вод найденную дозу «активного хлора» следует увеличить, так как он будет расходоваться и на окисление других веществ, всегда содержащихся в промышленных сточных водах.

Повышенную концентрацию «активного хлора» следует создать для гарантии отсутствия хиноидных соединений, концентрация которых, превышающая 15 мг/л, тормозит биологические процессы, протекающие в воде водоемов. Следовательно, практически для сточных вод предприятий цветной металлургии необходимо принять такую дозу «активного хлора» при которой соотношение фенол : «активный хлор» составляло бы 1 : 8÷9.

Повышение температуры также значительно ускоряет процесс окисления фенолов «активным хлором». Однако повышать температуру выше 45° не следует, так как при этом гипохлориты переходят в хлораты, которые обладают меньшей окислительной способностью и замедляют реакцию окисления. Оптимальной температурой окисления является 40° С. При этой температуре скорость реакции увеличивается в 2—3 раза по сравнению со скоростью реакции при комнатной температуре.

Кроме рН и температуры, на скорость окисления фенолов «активным хлором» в некоторой степени может оказывать влияние каталитическое действие солей тяжелых металлов, которые в той или иной концентрации всегда содержатся в сточных водах предприятий цветной металлургии.

Т а б л и ц а 66

Каталитическое влияние солей трехвалентного железа на реакцию окисления фенолов

Исходная концентрация фенола, мг/л	Количество введенного «активного хлора» на 1 мг фенола, мг	Количество введенного Fe ³⁺ , мг/л	Остаточная концентрация фенола, мг/л через			
			5 мин	10 мин	40 мин	60 мин
192	8,04	0	16,0	14,3	—	10,0
204	8,04	50	8,8	8,5	6,8	—
204	8,04	100	4,4	4,2	4,0	1,34

В табл. 66 приведены данные, характеризующие влияние солей железа на окисление фенолов «активным хлором».

Суммируя все сказанное выше, можно сделать следующие практические выводы:

1. Окисление фенолов «активным хлором» следует проводить в слабощелочной среде ($\text{pH} \approx 7 \div 8,5$).

2. Необходимой дозой «активного хлора» для полного окисления фенолов следует считать 8—9 мг на 1 мг фенола, не учитывая количество «активного хлора», которое может быть израсходовано

на окисление других веществ, находящихся в сточных водах.

3. Процесс окисления фенолов может быть ускорен при повышении температуры воды до 40°C .

4. Содержание в сточных водах солей тяжелых металлов каталитически несколько ускоряет реакцию окисления, однако не настолько, чтобы можно было бы рекомендовать специальную их добавку.

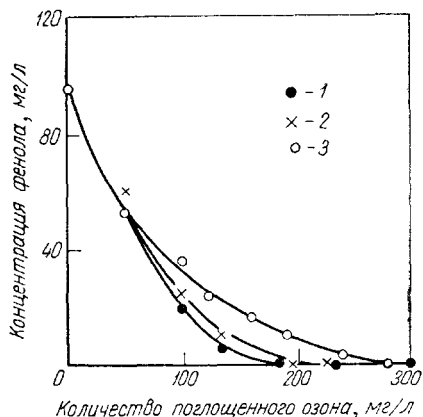


Рис. 18. Влияние pH на расход озона, необходимого для окисления чистого раствора фенола:

1 — $\text{pH} = 11,4$; 2 — $\text{pH} = 12,4$; 3 — $\text{pH} = 8,0$

Метод окисления озонем

В качестве окислителя фенолов вместо «активного хлора» с успехом можно применять такой сильный окислитель, как озон O_3 .

При введении достаточного количества озона конечными продуктами окисления фенолов являются карбоновые кислоты. Расход озона на окисление фенолов до карбоновых кислот зависит от начальной концентрации фенола и от величины pH раствора. При увеличении pH в сильнощелочной среде молекула озона неустойчива и легко распадается, не успев вступить в реакцию с фенолом.

Оптимальное значение pH, при котором наиболее полно используется озон, составляет 11. Можно полагать, что при этом значении pH озон окисляется не фенол, а фенолят-ион, процесс образования которого из фенола заканчивается при этом значении pH.

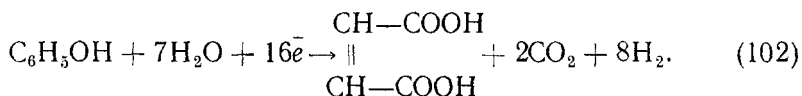
На рис. 18 приведено влияние величины pH на расход озона при окислении им фенолов.

Полнота использования озона возрастает по мере увеличения концентрации фенола в растворе, так как при этом повышается вероятность взаимодействия реагирующих веществ до момента распада молекулы озона.

Метод электрохимического окисления

Электрохимический метод окисления фенолов не может быть рекомендован как самостоятельный для очистки сточных вод предприятий цветной металлургии в виду того, что обычно расходы фенольных сточных вод чрезвычайно велики (иногда достигают 200 000 м³/сутки), а концентрация в них фенолов весьма значительна (от 7 до 20 мг/л).

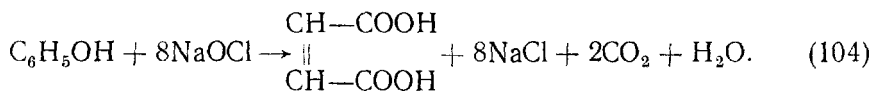
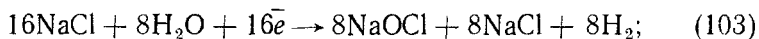
Однако при использовании электрохимических методов очистки сточной воды от других компонентов, например от цианидов, катионов тяжелых металлов и т. п., присутствующие в сточных водах фенолы легко окисляются до маленовой кислоты и двуокиси углерода



Экономическая рентабельность применения электрохимического метода обуславливается расходом электроэнергии, который может быть снижен при уменьшении омического сопротивления электролита.

Этого можно достичь, введя в очищаемую сточную воду сильные электролиты. В качестве электролита наиболее широкое распространение получил хлорид натрия.

Обесфеноливание сточных вод при введении в них хлорида натрия резко ускоряется при одновременном снижении расхода электроэнергии. В электролитической ванне при этом протекают одновременно три реакции, первая из которых описана уравнением (102), вторая и третья следующими уравнениями:



Ввиду того что реакция окисления фенолов «активным хлором» наиболее интенсивно протекает при значениях рН от 7 до 8,5, электрохимическую очистку следует проводить в электролизере без диафрагмы, так как в противном случае в анодном пространстве будет накапливаться соляная кислота, которая подавляет диссоциацию фенола, вследствие чего скорость реакции окисления будет резко снижаться.

Расход электроэнергии на окисление фенолов в присутствии хлорида натрия пропорционален концентрации фенолов в очищаемой сточной воде, что представлено на рис. 19, и зависит также от плотности тока. При низких концентрациях фенола в воде рекомендуется применять небольшие плотности тока, что, однако, замедляет скорость реакции.

Кроме того, выбираемая на практике плотность тока зависит не только от концентрации фенолов в очищаемой сточной воде, но и от присутствия в ней других загрязнений, также потребляющих электроэнергию на окисление и часто находящихся в гораздо

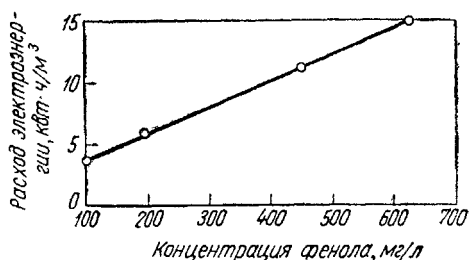


Рис. 19. Расход электроэнергии на окисление фенолов в зависимости от их концентрации

больших концентрациях, чем фенол. Принятое расстояние между электродами также играет немаловажную роль в проведении процесса электрохимического окисления. Наиболее подходящее расстояние между электродами берется равным 5 мм. Анод обычно изготавливают из графита, а катод — из железа, меди или других металлов, что зависит от состава сточных вод и цели проведения электролиза. Если в процессе электролиза предполагают утилизировать какой-либо имеющийся в сточных водах металл, то катод лучше всего изготавливать из того же металла. Если металл не собираются утилизировать, то катодом может служить обычная сталь.

Вместо графита в качестве анода может быть использован магнетит, но он трудно поддается механической обработке.

Метод применения ионообменных смол

В отдельных случаях, там где это можно обосновать экономической или вызывается необходимостью с точки зрения санитарной охраны водоемов, может быть применен ионообменный метод обесфеноливания сточных вод предприятий цветной металлургии.

В результате работ Ю. Ю. Лурье и Б. П. Краснова [72, 73] было показано, что катиониты (сульфоугль, КУ-1, КУ-2) привлекают фенолы из сточных вод за счет молекулярной адсорбции, в то время как аниониты (типа АВ-17, ЭДЭ-10п) — в результате непосредственного ионного обмена. Также было показано, что применение анионитов для извлечения фенолов из сильно минерализованных сточных вод, какими являются стоки предприятий цветной металлургии, нецелесообразно.

Найденная обменная емкость анионита АВ-17 по фенолу равна 8,9%, а ЭДЭ-10п — 5,4—6,3%, в то время как сорбционная емкость катионита сульфоугля составляет 9,2% по фенолу. Поэтому можно рекомендовать для обесфеноливания сточных вод использование катионита сульфоугля.

Обесфеноливаемую сточную воду перед поступлением на сульфоугельный фильтр следует полностью освобождать от грубо-

дисперсных примесей профильтровыванием через кварцевый (песчаный) фильтр. Скорость фильтрования сточных вод 0,8—1,2 м/ч. Регенерация осуществляется метанолом, пропускаемым со скоростью 0,2—0,3 м/ч.

На рис. 20 приведена принципиальная схема обесфеноливания сточных вод на сульфугольных фильтрах. После регенерации

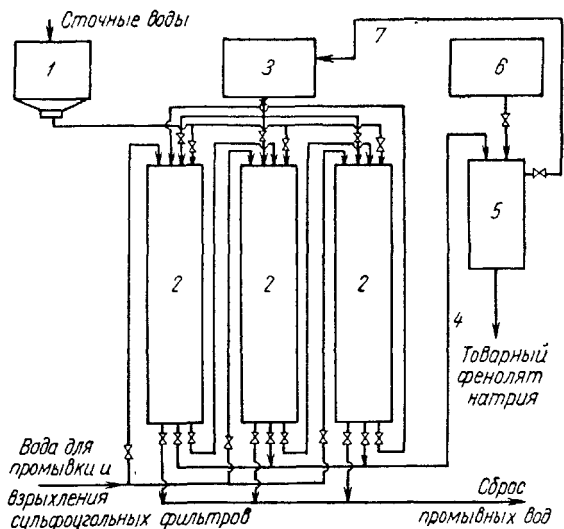


Рис. 20. Принципиальная схема ионообменного обесфеноливания сточных вод:

1 — кварцевый фильтр; 2 — сульфугольные фильтры; 3 — емкость с метанолом для регенерации; 4 — трубопровод элюата, содержащего зафеноленный метанол; 5 — колонка для разгонки зафеноленного метанола в щелочной среде; 6 — емкость для раствора щелочи; 7 — трубопровод метанола, полученного после разгонки и идущего на регенерацию

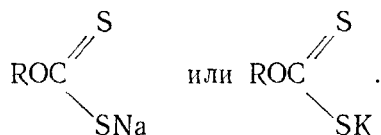
сульфуголя зафеноленный метанол разгоняется в щелочной среде с получением товарного 20%-ного фенолята натрия и метанола, который вновь используют для регенерации сульфуголя.

В случае применения для обесфеноливания сточных вод анионитов рекомендуется брать смолу марки АВ-17 как обладающую наибольшей ионообменной способностью. Отработанный анионит регенерируют 10%-ным раствором едкого натра. В результате получается элюат, содержащий до 3—4% фенолята натрия.

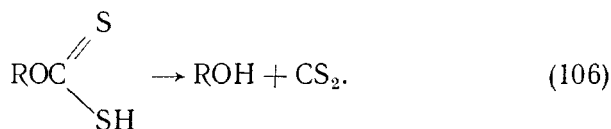
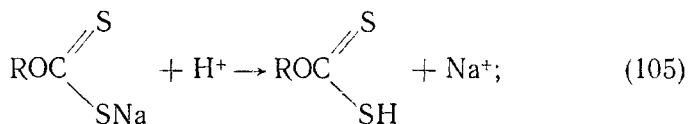
Методы очистки сточных вод от ксантогенатов

Ксантогенаты в настоящее время являются одними из самых распространенных собирателей (коллекторов), применяемых при флотационном обогащении полиметаллических руд цветных металлов. Они представляют собой соли кислых сложных эфиров дитиоугольной кислоты (бутилксантогенаты, этилксантогенаты и

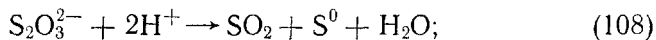
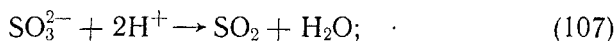
другие). Наиболее часто применяют легко растворимые в воде ксантогенаты калия или натрия:



В кислой среде эти соли образуют чрезвычайно неустойчивую ксантогеновую кислоту, легко распадающуюся на сероуглерод и соответствующий спирт:



На основании этого, одним из методов очистки сточных вод от ксантогенатов и является разложение их в кислой среде. Практически приемлемая скорость реакции разложения при $\text{pH} \geq 4$. В щелочном растворе ксантогенат не разлагается, а в нейтральном или слабокислом (pH более 4) разложение идет очень медленно. В техническом ксантогенате, кроме основного продукта, содержится до 5—10% примесей, главными из которых являются сульфаты, сульфиты, сульфиды, тиосульфаты и непрореагировавший избыток щелочи. В кислой среде эти примеси разлагаются с образованием не менее токсичных, чем ксантогенат, продуктов, таких как сульфид-ионы и сернистый ангидрид:

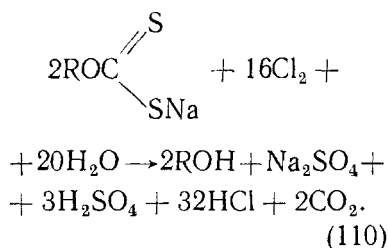


Поэтому, если сточные воды очищают по кислотному методу, то их после обработки кислотой необходимо доочищать от получившихся продуктов окисления как самого ксантогената, так и сопутствующих ему примесей. Кроме этого, поскольку в сточных водах флотационных обогатительных фабрик, помимо ксантогенатов, на ряде производств содержатся простые и комплексные цианиды, они будут разлагаться кислотой с образованием легко летучей и чрезвычайно токсичной синильной кислоты. Поэтому кислотный метод очистки сточных вод от ксантогенатов нашел

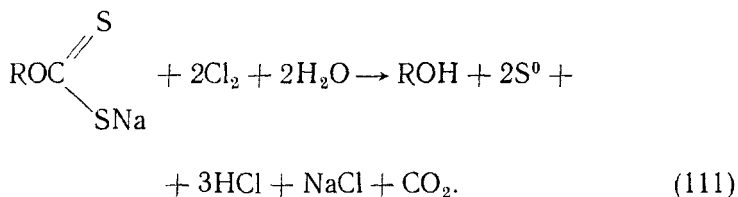
практическое применение только при обезвреживании стоков цехов получения ксантогената, в которых нет цианистых соединений.

Наиболее приемлемым методом очистки сточных вод от ксантогенатов является метод окисления их «активным хлором» или озоном.

Ю. Ю. Лурье и В. А. Панова [31], показали, что «активный хлор» полностью окисляет до сульфатов серу, входящую в состав ксантогенатов:



Эта реакция проходит по уравнению (110) при введении достаточного избытка «активного хлора». Если же «активный хлор» введен в недостаточном количестве, то часть серы ксантогената окисляется до сульфатов, а часть до элементарной серы:



По кривой хлороемкости раствора, содержащего 50 мг/л ксантогената, и времени контакта его с «активным хлором» в течение 15 мин можно видеть, что на окисление 1 мг ксантогената натрия необходимо 2,9 мг «активного хлора» (рис. 21) вместо 3,5 мг, необходимых для реакции, идущей с образованием сульфатов.

При озонировании сточных вод для очистки их от ксантогенатов протекают те же реакции окисления, что и при окислении их «активным хлором». Поэтому озон также можно использовать для очистки сточных вод предприятий цветной металлургии от ксантогенатов.

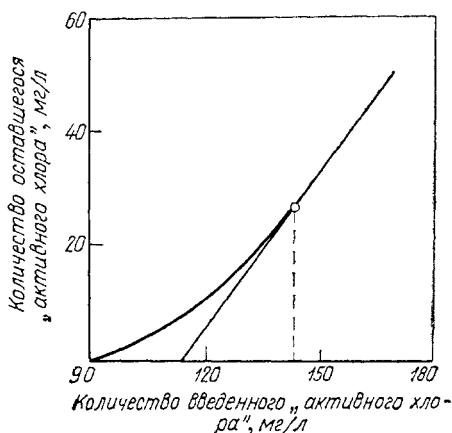
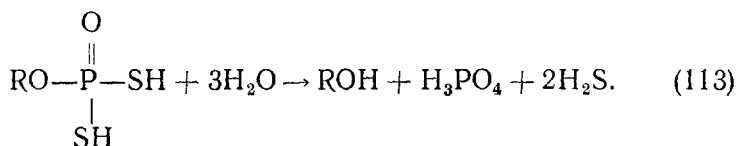
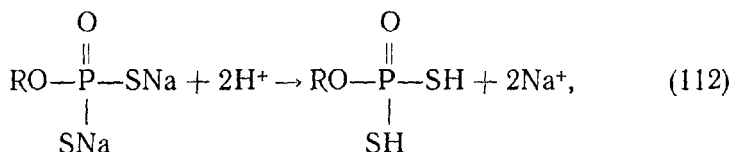


Рис. 21. Хлороемкость раствора 50 мг/л ксантогената при времени контакта 15 мин

Методы очистки сточных вод от дитиофосфатов

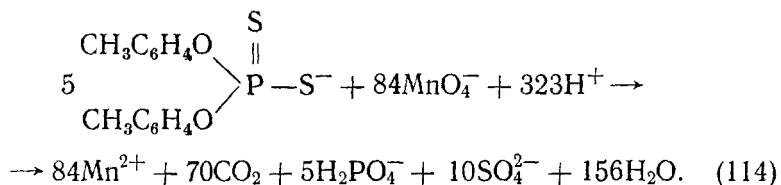
Дитиофосфаты, называемые часто в практике работ обогатительных фабрик «аэрофлотом», так же как и ксантогенаты, получили широкое распространение в качестве коллектора при флотации полиметаллических руд.

По химическому составу дитиофосфаты являются натриевыми солями кислых сложных эфиров дитио- и тритиофосфорной кислоты и какого-либо спирта. При подкислении их раствора, они, так же как и ксантогенаты, разлагаются с выделением сероводорода:



Однако методы очистки сточных вод флотационных обогатительных фабрик от дитиофосфатов, основанные на подкислении, так же как и для разрушения ксантогенатов, не могут быть рекомендованы из-за содержания в них наряду с дитиофосфатами цианидов, которые перейдут в синильную кислоту. Подобно ксантогенатам, дитиофосфаты можно разрушить окислением.

Примером возможности окисления дитиофосфатов служит обработка их раствором перманганата калия, который окисляет молекулу дитиофосфата до иона ортофосфорной кислоты:



При менее полном окислении вместо CO_2 может частично получаться метилмалеиновая кислота.

Из сказанного выше следует, что при обработке сточных вод, загрязненных дитиофосфатами, «активным хлором» или озоном, последние также будут окисляться до безвредных компонентов.

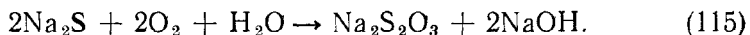
Методы очистки сточных вод от сульфидов

В сточных водах предприятий цветной металлургии в качестве одного из загрязняющих веществ могут присутствовать сульфиды— сульфид натрия, сероводород как свободный, так и связанный.

В стоках флотационных обогатительных фабрик, на которых широко применяют в числе прочих флотореагентов и сульфид натрия (сернистый натрий), сульфиды как таковые не встречаются ввиду того, что на других операциях обогащения в процесс вводится циан-плав и в результате взаимодействия цианидов с сульфидами образуются роданиды, которые и загрязняют сточные воды. Однако на металлургических заводах в сточных водах, образующихся от охлаждения газов плавильных печей, или на ряде побочных сопутствующих производств, например в цехах по производству серной кислоты, сульфиды являются обычным загрязнением.

В списке предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде водоемов сказано, что в воде не должно быть сульфидов с учетом кислородного режима для зимних условий. В воде водоема после смешения со сточными водами должно содержаться не меньше 4 мг/л растворенного кислорода при значении БПК₅ ее не больше 2—4 мг O на 1 л.

Кроме того, содержание в воде сульфидов (в частности, сероводорода) придает ей неприятный запах. Сероводород как газ, будучи растворенным в воде, практически долго в ней не находится и вода естественным образом, особенно при аэрации, дегазируется. Связанный же сероводород легко гидролизуетсся с последующим окислением за счет растворенного в воде кислорода, образуя тиосульфаты и щелочь:

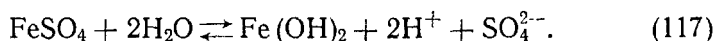


Поэтому одним из простейших способов очистки сточных вод от сульфидов (и в частности, от сероводорода) является обычная аэрация. При этом свободный сероводород можно отдувать, улавливать и использовать.

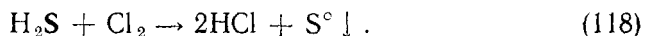
Более полную химическую очистку сточных вод от сульфидов осуществляют обработкой их сульфатом железа (II). При добавлении к сточной воде, содержащей сульфиды, 10%-ного раствора сульфата железа (II) образуется осадок нерастворимого сульфида железа:



Произведение растворимости FeS равно $3,7 \cdot 10^{-19}$, откуда растворимость его составляет $3,0 \cdot 10^{-10}$ моль/л, или 0,00005 мг/л. Кроме того, сульфат железа (II) является хорошим коагулянтом, образуя хлопья гидроокиси железа, с которыми сульфид железа соосаждается. Поэтому на практике часто очистку сточных вод от сульфидов с применением сульфата железа (II) называют методом коагуляции, так как параллельно реакции (116) протекает реакция гидролиза:



Очистку сточных вод от сероводорода можно также осуществлять окислением его до элементарной серы любым окислителем, например хлором:



Образовавшаяся в результате хлорирования элементарная сера находится в мелко диспергированном коллоидном состоянии, и для перевода ее в осадок воду следует подвергнуть коагулированию для соосаждения элементарной серы с хлопьями коагулянта. Одним из коагулянтов может служить сульфат железа (II), а, как было указано выше, он параллельно с коагулированием вступает в прямую реакцию с сульфидами, давая нерастворимый сульфид железа [см. реакцию (116)]. Поэтому очистка сточных вод от сероводорода хлорированием нецелесообразна и может быть ограничена только обработкой сульфатом железа (II).

Методы очистки сточных вод от роданидов

Образующиеся в сточных водах флотационных обогатительных фабрик при взаимодействии циан-плава и сульфида натрия роданиды CNS^- , так же как и цианиды, могут быть окислены до цианатов «активным хлором»:



По результатам опытов можно видеть, что если в сточную воду, содержащую цианиды и роданиды, ввести «активный хлор» в таком количестве, которого было бы достаточно лишь на окисление цианидов, то концентрация их снижается на 75%, в то время как концентрация роданидов снижается на 3—12%. Это показывает, что при совместном содержании и цианидов, и роданидов цианиды окисляются «активным хлором» в первую очередь.

При введении «активного хлора» в количестве, необходимом для окисления цианидов и роданидов, роданиды окисляются почти полностью.

Определение зависимости процесса от количества вводимого «активного хлора» показало, что при теоретической его дозе, рассчитанной на цианиды и роданиды, снижение концентрации тех и других происходит на 93,5%. Поэтому необходимо введение «активного хлора» в небольшом избытке. При коэффициенте кратности по отношению и теоретически необходимому количеству, равному 1,25, снижение концентрации цианидов и роданидов происходит на 95%.

В результате исследований также найдено, что для полного окисления роданидов оптимальным рН сточных вод является 10—11,8.

Методы очистки сточных вод от прочих флотореагентов

Как было указано выше, одним из флотореагентов, применяемых на обогатительных фабриках, от которого наиболее трудно очистить сточные воды, является фенол, или крезол, используемые в качестве пенообразователя. На отдельных предприятиях их заменяют сясьским или ветлужским маслом, которое в свою очередь также содержит в качестве примесей фенолы.

Поэтому при решении вопроса о замене применяемых токсичных флотореагентов менее токсичными в первую очередь все работы были направлены на поиски новых бесфенольных пенообразователей.

За последние годы на ряде флотационных обогатительных фабрик начали применять следующие новые бесфенольные пенообразователи:

- 1) диметилфталат Д-3;
- 2) реагент Т-66, представляющий собой отходы производства изопрена, содержащие смесь одно- и двухатомных спиртов диоксанового и пиренового рядов. Эти кубовые остатки обычно не используют;
- 3) бесфенольные отходы бутилового производства;
- 4) препарат ВВ-2 ВНИИЦветмета, являющийся побочным продуктом, получаемым при гидрировании фурфурола;
- 5) триэтоксидбутан;
- 6) препарат ОПС-М, представляющий собой моноэфир полипропиленгликолей;
- 7) третичный гексиловый спирт;
- 8) сивушные масла;
- 9) доуфрос;
- 10) азолят-А;
- 11) интротрольван;
- 12) циклогексанол;
- 13) циклогексанон;
- 14) спирт НИИСС, включающий высшие жирные спирты;
- 15) окисленный рисайкл ОР-100, являющийся продуктом каталитического окисления обессеренных и деароматизированных нефтяных фракций (температура кипения 260—325°). Этот препарат состоит из высокомолекулярных и низкомолекулярных жирных кислот, предельных углеводов и других продуктов окисления, полимеризации и конденсации углеводов [74];
- 16) нафтенческие кислоты;
- 17) пиридин и т. д.

На некоторые из указанных пенообразователей уже есть санитарные нормы предельно допустимых концентраций их в воде водоемов [74]. Например, 0,5 мг/л для ОПС-М; 0,5 мг/л для цик-

логексанола, 0,2 мг/л для циклогексанола, 0,3 мг/л для нафтеновых кислот и 0,2 мг/л для пиридина.

Для большей части пенообразователей такие нормы еще не разработаны. То же можно сказать и относительно аналитических методов определения малых количеств этих соединений в водоемах при содержании множества других веществ, которые, возможно, будут затруднять определение.

Естественно, что, не зная степени вредности этих веществ для воды водоемов и не имея аналитических методов их определения, трудно разработать какие-либо методы очистки сточных вод от названных реагентов.

Однако некоторые разработки в этом направлении ведутся, примером чего может служить статья Г. П. Тумаш и Г. В. Малего [74]. Также, исходя из того, что перечисленные реагенты представляют собой сложные органические соединения, можно полагать, что они в той или иной степени смогут быть окислены.

Следовательно, обработка «активным хлором» сточных вод, загрязненных этими веществами, возможно, приведет к разрушению этих веществ. В силу их поверхностно активных свойств (все они являются пенообразователями) также можно полагать, что они будут хорошо сорбироваться на хлопьях коагулянтов и на активной поверхности сорбентов. Таким образом, при коагулировании сточных вод хотя бы при известковании можно значительно снизить концентрации данных соединений в воде. Поэтому, если в результате санитарно-гигиенических исследований будет определена степень вредности того или иного нового пенообразователя и указана предельно допустимая его концентрация в водоемах и на основании этих данных возникнет необходимость изыскания методов очистки, то основными направлениями будут методы окисления («активный хлор», озон и другие) и методы адсорбции (коагулирование, «активные угли» и т. п.). При этом научные исследования следует проводить с целью установления оптимальных доз реагентов, условий их действия (рН среды, температура, время контакта) и характеристик получающихся осадков в очищенной сточной воде, т. е. эффекта очистки.

Глава VI

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Обоснование выбора схемы очистки

Для того чтобы выбрать ту или иную схему очистки сточных вод для данного предприятия, используя наиболее рациональные и экономичные методы очистки, необходимо определить количество и качество сточных вод, выяснить их происхождение и состав, и технологическую обоснованность того или иного сброса, произвести так называемое обследование предприятия. Это обследование включает: 1) ознакомление с внутренней и внешней канализационными сетями производства. Составление соответствующих схем и планов; 2) ознакомление с технологией производства с точки зрения образования сточных вод; 3) выбор места отбора проб для химического анализа и для измерения расхода сточных вод; 4) выяснение общей санитарной ситуации данного предприятия [17, 75, 76].

На каждом предприятии обычно есть два документа:

1) генеральный план завода или расположение корпусов, цехов, производств с внешней канализационной сетью, с указанием колодцев, мест выхода сточных вод из цехов и сброса их в водоем или городскую канализацию;

2) технологическая схема производства или регламент с указанием после какой операции, в каком количестве и какого, ориентировочно, состава сточную воду сбрасывают в канализацию.

Но эти два документа не дают возможности определить, в каком колодце или в каком месте отводящего лотка лучше брать пробу для химического анализа, каков будет состав сточных вод и отвечают ли измерения расходов действительным расходам сточных вод данного типа. Для того чтобы это установить, необходимо два данных документа объединить в один. Такое объединение позволяет установить, после какой операции и где сток смешивается с другим стоком, в какой колодец он поступает, нет ли по пути разбавления условно чистыми или бытовыми сточными водами.

Составление такой общей схемы, совмещающей технологический процесс и схему промышленной канализации, является пер-

вым шагом к тому, чтобы правильно оценить все производственные сточные воды и правильно выбрать места измерения их расходов и отбора проб для химического анализа.

Составленную общую схему затем тщательно проверяют на производстве на месте и при необходимости вносят соответствующие коррективы.

Расход сточных вод можно измерить различными способами, изложенными в приложении IV [77]. Определить расход сточных вод по технологии процесса можно в том случае, когда для данной операции известен баланс воды, водопотребление, влажность продуктов и другие факторы. На основании измерений расходов воды в течение суток определяют максимальный и минимальный расходы (их время и продолжительность), периодичность сброса и вычисляют коэффициент неравномерности. Эти данные очень важны для расчета объемов и пропускной способности очистных сооружений.

Для химического анализа сточных вод пробы отбирают в том же месте, где измеряют расход. Пробы могут быть разовые, отбираемые для анализа не менее одного раза в смену или чаще (каждый час). Пробы можно отбирать в каждой заданной точке равными порциями в один общий сосуд, находящийся возле места отбора пробы, через равные, определенные промежутки времени (например, среднесменные пробы, отбираемые каждые 30 мин, среднесуточные, отбираемые каждые 1—2 ч). Среднепропорциональные пробы отбирают при значительном колебании расхода и состава сточных вод также в равные промежутки времени, но в количествах, пропорциональных расходу сточных вод. Для этого предварительно устанавливают зависимость между расходом воды и количеством отбираемой пробы. Для выполнения анализа отдельные отобранные пропорционально расходу сточных вод пробы смешивают в общем сосуде.

При необходимости контроля работы очистных сооружений пробы сточных вод отбирают до и после них. При этом необходимо учитывать время пребывания сточной воды в сооружениях. Пробы должны быть согласованными, особенно если производят их разовый отбор. При среднесуточных пробах это время снивелируется. Время прохождения воды через сооружения можно определить делением расчетного объема их на расход сточных вод в единицу времени (в час, минуту или секунду). Перед отбором проб все бутылки, мерную посуду и черпаки следует тщательно ополоснуть отбираемой сточной водой. При содержании в ней тяжелого осадка (песка) в большом количестве допустимо ополаскивание отстоянной водой.

Рекомендуется предусматривать автоматические пробоотборники, которые отсекают через равные промежутки времени пробы, пропорциональные расходу сточных вод. Пробы при этом накапливаются для анализа за любой период (час, смена, сутки и др.).

При любых способах отбора проб на анализ поступают усредненные пробы в количестве не менее 10 л от каждой точки отбора проб.

Приступая к химическому анализу, необходимо знать примерный качественный и количественный состав анализируемой сточной воды. Без этих данных производить анализ не следует. Полученные результаты химического анализа обязательно увязывать с технологией производства. Отсутствие такой увязки и выполнение анализов вслепую часто приводит к неправильным результатам.

Объем анализа, т. е. число и наименование определяемых компонентов зависит от целей анализа, которых ориентировочно можно назвать три:

- 1) анализ промышленных сточных вод для установления их состава и разработки рекомендаций методов очистки;
- 2) анализ речных вод выше и ниже сброса сточных вод для выяснения влияния их на водоем, определения пунктов полного смешения, самоочищения и протяженности зоны загрязнения;
- 3) контрольный анализ, предназначенный для проверки работы очистных сооружений, установления степени очистки, эффекта работы очистных сооружений.

Естественно, что объем анализа зависит как от технологии производства, так и от его целенаправленности. При этом входящие в состав сточных вод компоненты можно разделить на легкоизменяющиеся при хранении проб и неизменяющиеся или поддающиеся фиксации.

Обязательные определения, которые следует выполнить на месте отбора проб, следующие: температура, рН, растворенный кислород, агрессивная CO_2 . Определения, которые выполняют немедленно по получении проб сточных или речных вод в лаборатории, следующие: цвет, запах, прозрачность по стандартному шрифту, рН (по цветной шкале или потенциометрически, если почему-либо он не был определен на месте), кислотность или щелочность (титрованием с фенолфталеином и метиловым оранжевым), объем осадка (%), грубодисперсные примеси общие. Специальные определения: эфирная вытяжка, сероводород (качественно), растворенный кислород (оттитровывание зафиксированной на месте отдельной пробы), нефтепродукты, ксантогенаты, дитиофосфаты, БПК_5 и в отдельных случаях полная бихроматная окисляемость — ХПК. Остальные определения, такие как солевой состав (сухой остаток общий), грубодисперсные примеси прокаленные, ионы тяжелых металлов, хлориды, сульфаты и т. п., могут быть выполнены позже. Для определения цианидов и фенолов пробы в отдельных бутылках фиксируют щелочью из расчета 5 мл насыщенного раствора КОН на 0,5 л сточной воды. Методы химического анализа промышленных сточных вод опубликованы в специальной литературе [33, 78, 79].

Следует иметь в виду, что далеко не для всех проб сточных вод надо делать обязательно все определения. Список определяемых компонентов составляют заранее по технологическим данным, характеризующим состав сточных вод.

На основании полученных материалов обследования, т. е. зная технологию производства, зная канализационную сеть, имея данные по расходу сточных вод и химическим анализам, можно произвести их перегруппировку на условно чистые, сильно загрязненные, слабо загрязненные и т. д., и после этого решать вопрос с необходимостью очистки отдельных стоков по тому или иному методу.

Однако ко всему этому надо также знать общую санитарную ситуацию данного предприятия. Необходимо знать в какой водоем сбрасываются сточные воды (его мощность и категория), какие еще производства загрязняют его и какими веществами, на каком расстоянии от сброса сточных вод вниз по течению расположен ближайший населенный пункт, пункт организованного водопользования, условия смешения сточных вод с водой водоема и местонахождение пункта полного смешения, рыбохозяйственное значение водоема, его максимальные и минимальные расходы, самоочищающую способность и т. п.

Для определения влияния на воду водоема сброса сточных вод при обследовании предприятия наряду с отбором проб сточных вод берут пробы воды из водоема выше сброса в него сточных вод и ниже на расстоянии 50 м, 1 км, 5 км, 25 км и у ближайшего пункта водопользования.

Пробы берут обычно у того берега, на котором расположен выпуск сточных вод, или с моста на середине водоема. Сравнение химических анализов этих проб показывает влияние сточных вод на водоем, зону распространения загрязнения и самоочищающую способность водоема. Приступая к разработке и рекомендации методов химической очистки, на основании данных обследования необходимо учитывать возможности технологических изменений в производстве, в результате которых сточные воды можно ликвидировать, уменьшать в объеме, или изменять по составу. Также надо учитывать возможность разделения стоков, выделения для очистки наиболее концентрированных по загрязнению с наименьшим расходом. Следует рекомендовать, где возможно, водооборот и повторное использование воды. Преимущественно следует применять те методы очистки, которые связаны с утилизацией из сточных вод ценных веществ, что экономически более целесообразно.

Рекомендовать химическую очистку следует только при крайней необходимости и при отсутствии других, более простых и дешевых способов.

Рассматривая наиболее часто встречающиеся загрязнения сточных вод предприятий цветной металлургии и методы очистки

**Основные загрязнения сточных вод предприятий цветной металлургии
и методы их очистки**

Компоненты, загрязняющие сточные воды	Метод очистки	Применяемый реагент	Получаемое соединение
Грубодисперсные примеси	Отстаивание, иногда с коагулированием	Известь	Осадки грубодисперсных примесей
Ксантогенаты	Адсорбция на хлопьях при коагулировании	»	Осадки гидроокиси кальция
Дитиофосфаты	То же	»	То же
Нефтепродукты	»	»	»
Кислоты	Нейтрализация	»	Осадок сульфата кальция при нейтрализации серной кислоты
Металлы (медь, никель, цинк, свинец, железо, кобальт, кадмий, сурьма и др.)	Осаждение труднорастворимых соединений	»	Осадки гидроокисей и основных карбонатов и кальциевой соли сурьмы
Фториды	Получение труднорастворимого фторида кальция	»	Осадок фторида кальция
Мышьяк	Получение труднорастворимых арсенатов и арсенидов кальция	»	Осадок арсенатов и арсенидов кальция
Цианиды	Окисление «активным хлором»	Хлорная известь	Цианаты и осадки гидроокисей металлов
Фенолы и крезолы	То же	То же	Малеиновая и другие малотоксичные органические кислоты
Роданиды	Окисление «активным хлором»	Хлорная известь	Элементарный азот и двуокись углерода
Ксантогенаты	То же	То же	Сульфаты или элементарная сера
Дитиофосфаты	»	»	Метилмалеиновая или фосфорная кислота
Сульфиды	»	»	Элементарная сера
»	Осаждение сульфида железа	Железный купорос	Сульфид железа
Ртуть	Осаждение сульфида ртути	То же	» ртути

от них, можно отметить, что по существу применимы три основных метода:

- 1) механическое отстаивание, иногда с добавлением коагулянтов или флокулянтов;
- 2) осаждение в виде труднорастворимых солей;
- 3) окисление до безвредных соединений.

В табл. 67 приведены данные по систематизации загрязнений сточных вод и методы их очистки.

Наиболее дешевыми, доступными и распространенными реагентами являются: известь, используемая в качестве коагулянта, в качестве осадителя и как химический реагент, а также хлорная известь, гипохлорит кальция, гипохлорит натрия, жидкий хлор в щелочной среде в качестве окислителя.

Само собой разумеется, что возможные способы очистки не могут быть во всех случаях ограничены приведенными в таблице. Для отдельных предприятий возможны и индивидуальные решения, зависящие от характера загрязнений и технических возможностей. Кроме того, не исключено применение таких способов очистки, как озонирование, ионообмен, адсорбция, электрохимия и т. д.

Однако из табл. 67 следует, что для сточных вод предприятий цветной металлургии, в которых одновременно находится несколько различных загрязнений, более приемлемыми являются стандартные схемы очистки, так как отдельная очистка от каждого компонента своим специфическим, пусть даже более выгодным, методом приведет к сложной и многообразной схеме очистки. Схема же обработки сточных вод известью или «активным хлором» решает вопрос очистки сразу от комплекса загрязнений, хотя для какого-либо одного из них этот метод и не является наилучшим.

Схема очистки сточных вод известью

Как было сказано ранее, обработка сточных вод известью с доведением рН до 8—10 и получением эффекта коагуляции позволяет очистить их от грубодисперсных примесей, частично от ксантогенатов и дитиофосфатов, от нефтепродуктов, кислот, катионов металлов, фторидов и мышьяка. Поэтому технология очистки сводится к введению в сточную воду известкового молока в необходимом количестве и дальнейшему ее отстаиванию для выделения образовавшихся осадков. Принципиальная схема очистки сточной воды известковым молоком дана на рис. 22.

Усреднитель [80] предназначен для выравнивания колебаний как в расходе, так и в составе поступающих на очистку сточных вод. Емкость усреднителя определяют по графику притока сточных вод и в соответствии с колебаниями концентраций загрязняющих веществ. При отсутствии графиков колебаний ко-

личества и состава сточных вод емкость усреднителя рассчитывают по данным технологов на прием сточных вод, поступающих в течение одной смены.

При равномерном поступлении сточных вод устройство усреднителей не обязательно.

Склад негашеной извести устраивают в закрытом помещении, защищенном от влаги. Полы делают деревянные, двойные, приподнятые над уровнем земли на 0,3 м.

Известь на складе следует запастись не менее чем на 10 дней. Подача негашеной извести (обожженного известняка) к известегасильным аппаратам механизирована. При получении высокосортной извести в контейнерах последние можно хранить на том же складе.

Негашеную комовую известь с кусками размером более 150 мм, непригодными для загрузки в известегасильные аппараты, подвергают предварительному дроблению на щековых дробилках или бегунах.

Гашение извести и приготовление известкового молока производят в безотходных известегасильных аппаратах (шаровая мельница с классификатором). Один из них, производительностью шаровой мельницы 20 т/сутки, приведен на рис. 23.

На приготовлении известкового молока при помощи этого аппарата занят один человек в смену.

В помещении, где производят гашение извести, следует предусмотреть безотказно действующую вентиляцию, обеспечивающую 12-кратный обмен воздуха в час.

Число баков для приготовления известкового молока принимают не менее двух. Они оба должны быть круглыми в плане с механическими лопастными или пропеллерными мешалками.

Взмучивание известкового молока в рабочем баке проводят непрерывно. Его можно осуществлять гидравлически (через насос) или при помощи сжатого воздуха (барботаж); в последнем случае потеря активной СаО при переходе в карбонат кальция настолько мала (0,2%), что ею можно пренебречь.

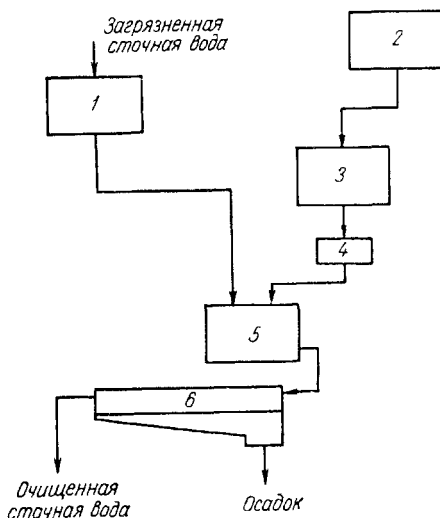


Рис. 22. Принципиальная схема очистки сточных вод известью:

1 — усреднитель сточных вод; 2 — склад извести; 3 — емкость для приготовления известкового молока; 4 — дозатор; 5 — камера реакции; 6 — отстойник

Как всякое оборудование, баки не менее одного раза в неделю следует очищать от отложений и осадков, а мешалки и другие механизмы осматривать и в случае необходимости ремонтировать. Дозировать известковое молоко лучше всего ковшовым дозатором (рис. 24), который показал отличные результаты при работе в известковых хозяйствах обогатительных фабрик цветной металлургии. Обычно применяемые на очистных сооружениях поплавок-вые дозаторы или просто дозирующие краны мало пригодны.

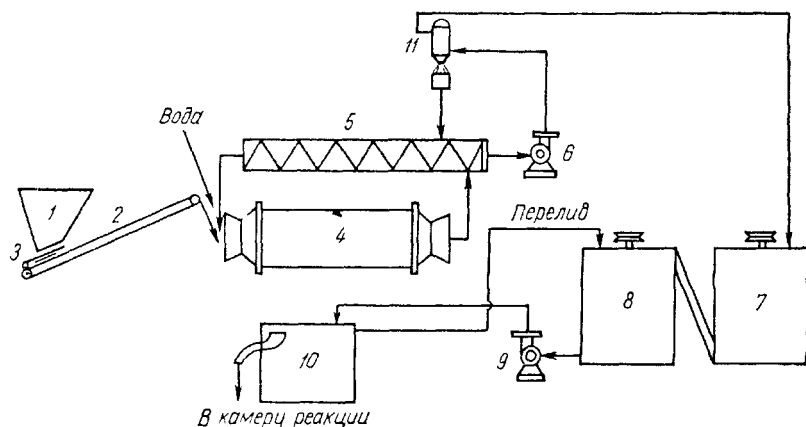


Рис 23 Безотходный известгасильный аппарат

1 — бункер емкостью 15 т для комовой извести (после дробления) размером кусков 50—80 мм, 2 — ленточный транспортер с лентой шириной 400 мм, 3 — лотковый питатель, 4 — шаровая мельница диаметром 1200 мм и длиной 1200 мм с шарами диаметром 60 мм, 5 — односпиральный классификатор со спиралью диаметром 1000 мм, 6 — вертикальный двухдюймовый насос, 7 и 8 — баки для перемешивания и догашения известкового молока, 9 — песковый двухдюймовый центробежный насос, 10 — рабочий бак, размером 1200 × 1200 мм с двумя черпаковыми дозаторами, 11 — гидrocиклон для выделения осадка из известкового молока и возвращения его в шаровую мельницу

Поплавок-вые дозаторы, как правило, не работают вследствие зарастания механизма и его коррозии. Специальные конструкции дозаторов, например с коническим затвором или типа измерительных шайб, себя не оправдали из-за зарастания и забивки дозирующих отверстий.

Дозирующий кран вынуждает к ручной дозировке и неудобен тем, что при несовершенных методах гашения извести и приготовления известкового молока пропускающую щель в кране постоянно забивают крупинки извести и расход молока нельзя поддерживать постоянным.

Преимущество ковшового дозатора перед дозаторами других типов заключается в том, что дозирующий ковш легко заменить любым по объему для изменения подаваемой дозы известкового молока. Также легко его заменить для ремонта или для очистки от зарастания. В чан можно погружать не один и не два ковша,

более, что также ведет к изменению дозировки. Наконец, величина погружения ковша и скорость вращения кривошипа также позволяют регулировать объемы подаваемого в камеру реакции известкового молока.

Для подведения к дозатору рабочего раствора известкового молока из бака, а также для соединения дозатора с местом поступления реагента в очищаемую сточную воду следует применять трубы достаточного большого диаметра (не менее 30—40 мм), возможно более короткие и легко доступные для осмотра, прочистки, ремонта и замены. На трубах необходимо предусматривать штуцера с краниками для отбора проб реагента на анализ, а при необходимости для продувки или промывки данного участка трубы.

Затем следует камера реакции, в которую из усреднителя поступает подлежащая очистке сточная вода и из дозатора — известковое молоко.

Камера реакции снабжена лопастной или пропеллерной мешалкой, делающей 25—35 оборотов в минуту. Перемешивание также можно производить гидравлически при помощи насоса. Барботирование сжатым воздухом не рекомендуется, так как это ухудшает последующее отстаивание вследствие сорбции хлопьями коагулянта пузырьков воздуха. Объем камеры реакции рассчитан на 5—30 мин контакта.

Вместо камеры реакции в отдельных случаях, когда время реакции может быть ограничено 3—5 минутами, возможна подача известкового молока непосредственно в пульпопровод, из которого затем смесь поступает в хвостохранилище или в достаточно длинный водовод, отводящий сточные воды в производственные отстойники (ловушки). В данном случае функцию камеры реакции будет

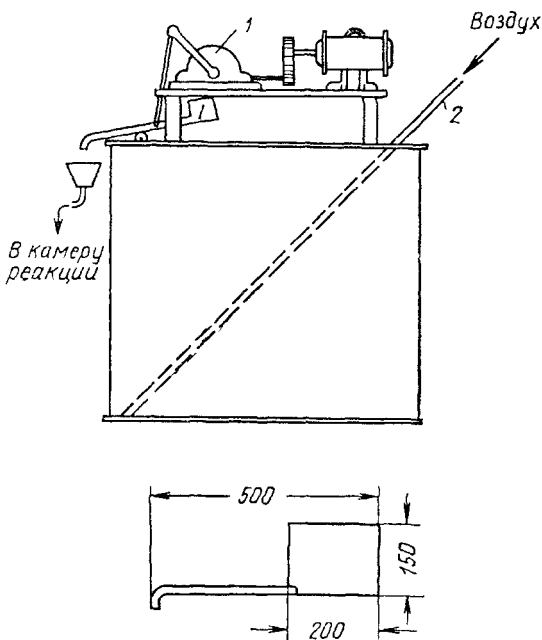


Рис 24. Ковшовый дозатор для известкового молока (эскиз):

1 — привод (один для двух ковшей), 2 — приспособление для перемешивания известкового молока

выполнять достаточно длинный отрезок водовода или пульпопровода.

В процессе эксплуатации каждую камеру реакции следует один раз в неделю выключать из работы для очистки и профилактического осмотра, а также в случае необходимости и для ремонта.

Участок трубопровода, выполняющий функции камеры реакции, должен всегда находиться под наблюдением и быть легко доступным для осмотра, ремонта и прочистки (или промывки). Особенно важным является место стыка труб, по которым поступают сточная вода и реагент. При открытых лотках в месте присоединения реагента к сточной воде можно поместить ерш-смеситель.

После окончания реакции (см. рис. 22) сточная вода из камеры реакции поступает в отстойник для отделения выпавшего осадка.

На основании приведенных данных по указанной схеме ГПИ Союзводоканалпроект [81] составлен типовый проект установок для очистки сточных вод свинцово-цинковых заводов известковым молоком с производительностью по извести 10 и 20 *t* в сутки. Есть рабочие чертежи этих установок.

Технологический расчет сооружений, заложенный в типовый проект, для расхода 900 *m*³ сточных вод в час следующий.

Необходимая доза активной СаО для обработки 1 *m*³ сточных вод равна 0,5 кг. Если для приготовления известкового молока применяют негашеную известь, содержащую 50% активной СаО, то ее необходимое количество в сутки составит $900 \cdot 24 \cdot 0,5 \cdot 2 = 21,6$ *t*.

По типовому проекту в состав такой станции очистки входят:

- 1) ливненакопитель — усреднитель;
- 2) комплекс известкового хозяйства;
- 3) насосная станция сточных вод;
- 4) смесители и контактные резервуары;
- 5) отстойники;
- 6) шламовая насосная станция;
- 7) насосная станция возврата воды в производство.

В состав комплекса известкового хозяйства входят:

- 1) приемное отделение товарной извести с узлом транспортировки и дробления;
- 2) склад хранения дробленой извести;
- 3) узел приготовления и хранения рабочего раствора известкового молока;
- 4) устройство автоматического дозирования.

В приемном отделении размещают следующее оборудование: приемные бункера; пластинчатый питатель; ленточный конвейер; молотковую дробилку марки СМ-431 производительностью 19—48 *m*³/ч, элеватор типа ЭЦО-250 производительностью 29 *m*³/ч.

Склад извести состоит из двух железобетонных вертикальных бункеров размером в плане 5×5 *m* каждый высотой (включая ко-

ническую часть) 12 м и полезной емкостью 220 м³ каждый. Узел приготовления молока включает: тарельчатый питатель шаровой мельницы; шаровую мельницу марки СМ-434 производительностью до 2,5 т/ч; классификатор спиральный типа 1КСН-5; приемные баки с мешалками для концентрированного известкового молока; песковые насосы марки НП-1М; расходно-растворные баки для рабочего раствора (5%-ного по активной СаО) известкового молока, емкостью по 105 м³ каждый (всего 2 бака); насосы марки 6НФ для гидравлического перемешивания рабочего раствора известкового молока (3 насоса); дозаторы для автоматического дозирования известкового молока с соответствующей контрольно-измерительной аппаратурой (рН-метры и т. д.).

Насосная станция сточных вод имеет приемные резервуары с установленными в ней насосами марки 4НФ.

Смесители применены вертикальные вихревые с восходящей скоростью потока 90 м/ч и временем перемешивания 1,5 мин. Контактные резервуары рассчитаны на 25—30-минутное перемешивание которое производят сжатым воздухом, расходуемым в количестве 3 л/сек на 1 м².

Отстойники в типовом проекте предусмотрены двух типов:

а) горизонтальные со временем отстаивания 2 ч. Объем осадка 2% от объема сточных вод при влажности его 95%. Горизонтальная скорость движения воды 3—5 м/сек, коэффициент охвата прочной части 0,8;

б) радиальные со временем отстаивания 2 ч. Скорость протекания воды 5 мм/сек.

Шламовая насосная станция рассчитана на 18 м³/ч осадка, оборудована двумя рабочими и двумя резервными насосами. Насосная станция оборотного водоснабжения имеет приемный резервуар, в ней установлены насосы марки 6НДС.

Для заводов по обработке цветных металлов применяют полностью блок насосной станции, контактных резервуаров и отстойников. При производительности 20 000 м³/сутки сметная стоимость для мокрых грунтов составляет 384,28 тыс. руб., а для сухих грунтов — 365,31 тыс. руб. В том числе строительная часть для мокрых грунтов 219,61, а для сухих грунтов 200,64 тыс. руб; монтаж для обоих случаев 41,42 тыс. руб. и оборудование 123,25 тыс. руб.

На большинстве предприятий цветной металлургии имеются либо хвостохранилища (обоганительные фабрики), либо специальные производственные ловушки или отстойники. В отдельных случаях устраивают осветлительные пруды.

Для отстаивания обработанных известковым молоком сточных вод можно использовать эти сооружения и строить специальные отстойники и шламовые насосные станции нет необходимости.

В таких случаях из типового проекта используют только комплекс известкового хозяйства, сметная стоимость которого

(на те же 900 м³/ч сточных вод) составляет 187,74 тыс. руб. Отсюда строительная стоимость комплекса известкового хозяйства равна 8,7 коп. на 1 м³ суточной производительности.

При указанном выше расходе сточных вод их годовое количество составит (число рабочих дней в году принято равным 350)

$$900 \cdot 24 \cdot 350 = 7\,560\,000 \text{ м}^3.$$

Расход реагента — извести, исходя из необходимой дозы ее, равной 500 мг/л активной СаО, в год составит 1 кг/м³ или 7560 т/год при условии, что:

1) получаемая известь содержит 50% активной СаО;

2) цена ее за 1 т — 10 р. 70 коп.

Годовая стоимость ее будет

$$7560 \cdot 10 \text{ р. } 70 \text{ коп.} = 80\,892 \text{ руб.}$$

Отсюда стоимость реагента для очистки 1 м³ сточных вод будет

$$80\,892 \cdot 100 : 7\,560\,000 = 1,1 \text{ коп.}$$

Примерные технико-экономические показатели рассматриваемой станции очистки приведены ниже:

Примерные технико-экономические показатели

Статья расхода	Стоимость, тыс. руб.
<i>Капитальные затраты на строительство известкового хозяйства:</i>	
а) стоимость строительного-монтажных работ . . .	106,55+19,32= =125,87
б) » оборудования	61,77
Общая сметная стоимость известкового хозяйства	187,64
в) стоимость сетей:	
1) от цехов до очистных сооружений . . .	50,0
2) на площадке очистных сооружений	20,0
Итого стоимость сетей:	70,0
А. Прямые расходы	
1. Зарплата обслуживающего персонала	17,45
Начисления на зарплату (30% от 17,45 тыс. руб.)	5,24
Итого зарплата с начислением:	22,69
2. Стоимость электроэнергии:	
а) стоимость затраченной электроэнергии	19,33
б) суммарная стоимость электроэнергии присоединенных трансформаторов	7,68
Итого стоимость электроэнергии:	27,01
3. Стоимость реагентов (извести)	80,89
4. Отчисления на текущий ремонт:	
а) от стоимости сооружений (2,2% от 125,97 тыс. руб.)	2,77
б) от стоимости оборудования (3,8% от 61,77 тыс. руб.)	2,35
в) от стоимости сетей (2,9% от 70,0 тыс. руб.)	2,03
Итого отчисления на текущий ремонт:	7,15
Всего прямые расходы:	137,74

Б. Отчисления

5. Отчисления на амортизацию и капитальный ремонт:

а) от стоимости сооружений (6% от 125,97 тыс. руб.)	7,56
б) от стоимости оборудования (12% от 61,77 тыс. руб.)	7,41
в) от стоимости сетей (4% от 70,00 тыс. руб.)	2,80
Итого:	17,77
Всего сумма расходов по разделам А и Б:	155,51
6. Неучтенные расходы (4% от 155,51 тыс. руб.)	6,22
Всего по смете:	161,73

Отсюда стоимость очистки 1 м³ сточных вод составит 161,73 тыс. руб. : 7 560 000 = 2,1 коп.

При подсчете стоимости очистки сточных вод на 1 т перерабатываемой руды получаем следующее: расход воды на переработку 1 т руды составляет 4—8 м³. Если принять средний расход воды, равным 6 м³ на 1 т перерабатываемой руды, то стоимость очистки ее равна 2,1 · 6 = 12,6 коп.

Схема очистки сточных вод хлорной известью

В случае обработки сточных вод хлорной известью при рН = 9÷11 происходит окисление загрязнений сточных вод «активным хлором». Как следует из данных табл. 67, при этом разрушаются фенолы и крезолы, простые и комплексные цианиды, роданиды, ксантогенаты и дитиофосфаты, сульфиды и другие не определяемые анализом окисляющиеся «активным хлором» соединения, которые характеризуется так называемой хлороемкостью воды.

Технология очистки, как и при применении извести, сводится к введению в очищаемую сточную воду раствора хлорной извести в необходимом количестве с дальнейшим отстаиванием образовавшихся осадков. Принципиальная схема такой очистки приведена на рис. 25.

Усреднитель, так же как и в схеме очистки сточных вод известью, служит для выравнивания колебаний в расходе сточных вод и концентрации загрязнений.

Склад хлорной извести, или гипохлорита кальция, размещают в закрытом, затемненном, неотапливаемом и вентилируемом помещении. Вентиляцию (естественное проветривание) производят только в сухую погоду и на короткое время. Хранилище рассчитывают на одномесячный запас реагента. Хлорную известь обычно транспортируют в деревянных бочках емкостью от 100 до 500 л, а гипохлорит кальция — в железных барабанах емкостью до 50 л. Крышу хранилища можно сделать из любого материала, кроме железа; настил пола в хранилище обязателен.

Бочки с хлорной известью укладывают в хранилище рядами, лежа, на пол или на стеллажи, до 5 ярусов по высоте, с прокладкой досок между ярусами и заклиниванием крайних бочек. Барабаны с гипохлоритом кальция устанавливают на торец на стеллажах или в штабелях до 4 ярусов по высоте, с прокладкой досок между ярусами. Ширина прохода между рядами в обоих случаях не менее 80 см. Воспрещается хранить хлорную известь в одном помещении с кислотами, пищевыми продуктами, газовыми баллонами, железными изделиями и машинами.

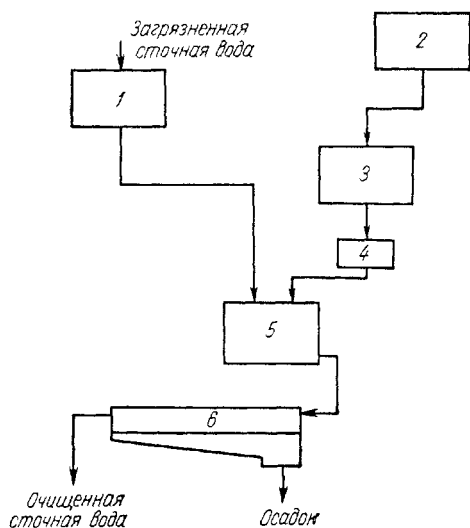


Рис. 25. Принципиальная схема очистки сточных вод хлорной известью:

1 — усреднитель сточных вод; 2 — склад хлорной извести; 3 — емкость для приготовления раствора хлорной извести; 4 — дозатор; 5 — камера реакции, 6 — отстойник

известии (или гипохлорита кальция) следует предусматривать не менее двух баков, один из которых находится в работе, в другом же в это время готовят рабочий раствор. Последний включают в работу после того, как содержимое первого будет израсходовано и будет сделан анализ готового раствора хлорной извести на содержание в нем «активного хлора».

Хлорную известь (или гипохлорита кальция) растворяют в специальной камере, конструкции Гипроцветмета. Помещение, в котором готовят рабочие растворы, оборудуют вытяжной вентиляцией, имеющей верхний и нижний отсосы.

Оба бака для приготовления рабочего раствора реагента выполняют круглыми в плане с деревянными крышками. Внутри их футеруют антикоррозионным покрытием и снабжают механиче-

В хорошей хлорной извести при надлежащих условиях хранения содержание «активного хлора» понижается обычно на 5—10% в год. Вскрытие бочек или барабанов, отбор проб для анализа, пересыпку реагентов и т. д. производят в противогазе, резиновых перчатках, резиновых сапогах и защитном переднике.

Выдержки из Временных санитарных правил проектирования, оборудования и содержания складов приведены в приложении V.

Для приготовления рабочего раствора хлорной

скими лопастными или пропеллерными мешалками. К бакам подводят водопроводную воду.

Взмучивание рабочего раствора хлорной извести (или гипохлорита кальция) производят непрерывно до полного израсходования содержимого бака. Мешалка в запасном баке работает во время приготовления в нем рабочего раствора и еще 30 мин после его наполнения. Мешалку снова включают в работу не менее, чем за 30 мин до начала подачи рабочего раствора в камеру реакции.

Баки для приготовления растворов хлорной извести не менее одного раза в неделю подвергают тщательному осмотру, очищают от отложений, осадков и восстанавливают нарушенную антикоррозионную футеровку. Мешалки и механизмы при этом также осматривают и при необходимости ремонтируют.

Трубы, подводящие рабочий раствор хлорной извести (или гипохлорита кальция) к дозатору, а также трубы, соединяющие дозатор с камерой реакции, следует выполнять из антикоррозионного материала, предусматривая достаточно большой диаметр их (не менее 30—40 мм). Они должны быть более короткими и легко доступными для осмотра, прочистки, ремонта и замены. На них располагают штуцера с краниками для отбора проб реагента на анализ.

Дозирование раствора хлорной извести (или гипохлорита кальция) лучше всего производить при помощи специальных дозирующих антикоррозионных насосов.

Объем камеры реакции, в которую поступает смесь обрабатываемой сточной воды с реагентами, следует предусматривать не менее полуторакратного пятиминутного притока сточных вод, так как время реакции принимают равным 3—5 мин.

При подаче реагентов в канализационную трубу, из которой затем смесь поступает в производственные отстойники (ловушки), камеру реакции можно не устанавливать, так как ее функцию выполняет данный отрезок трубы. Время прохождения смеси по участку трубы не должно быть меньше 3—5 мин при наличии в ней турбулентного движения или предварительного перемешивания в транспортирующем смесь насосе, если сточные воды сбрасываются по напорному трубопроводу.

Каждую камеру реакции следует раз в неделю выключать из работы для очистки и профилактического осмотра, и в случае необходимости, ремонтировать.

Участок трубопровода, выполняющий функции камеры реакции, следует всегда держать под наблюдением, он должен быть легко доступным для осмотра, ремонта и прочистки (или промывки). Особенно важным является место стыка труб, по которым поступают сточная вода и реагент. Обслуживающий персонал станции очистки в каждую смену приготавливает рабочие растворы реагента, осуществляет уборку помещения, ведет дозировку реаген-

тов, наблюдает за работой механизмов, производит анализ и ведет контроль за очисткой сточных вод.

В приложении VI приведены выдержки из Правил безопасности при эксплуатации водопроводно-канализационных сооружений, МХП РСФСР, 1957 г.

После камеры реакции обработанная сточная вода (см. рис. 25) направляется для отстаивания в имеющиеся на производстве сооружения: хвостохранилище, производственные ловушки, осветлительные пруды и т. д. В отдельных случаях появляется необходимость сооружений специальных отстойников.

Расчет стоимости очистки сточных вод раствором хлорной извести, включающий расчетные параметры очистных сооружений фабрики, сбрасывающей $500 \text{ м}^3/\text{сутки}$ сливов со сгустителей концрата, требующих для обработки от 0,5 до 1,5 кг на 1 м^3 очищаемой сточной воды товарной хлорной извести, содержащей 30% «активного хлора» и вводимой в сточную воду в виде 5—10%-ного по «активному хлору» раствора, приведен ниже.

В состав сооружений входит:

1) склад хлорной извести, или гипохлорита кальция, закрытый затемненный, неотапливаемый, с вентиляцией. Он рассчитан на хранение не менее чем 10-суточного запаса хлорной извести, или гипохлорита кальция. Склад оборудован подвесной кран-балкой грузоподъемностью 1 т типа ПК101 и лотком для подачи бочек с реагентом в камеру;

2) реагентное отделение в специальном закрытом здании длиной 12 м , шириной 12 м и высотой $6,35 \text{ м}$. В этом отделении расположены: камера для разгрузки бочек; лоток для удаления опорожненных бочек; контактные чаны для раствора хлорной извести диаметром 3 м и высотой $3,6 \text{ м}$. Контактные чаны оборудованы механизмом для перемешивания (мешалки); песковым насосом НПГ-2-61; насосом 2К-6 производительностью $20 \text{ м}^3/\text{ч}$;

3) закрытое помещение длиной 10 м , шириной 12 м и высотой $6,35 \text{ м}$, предназначенное для подачи раствора хлорной извести или гипохлорита кальция в очищаемую сточную воду. В помещении предусмотрен переливной дозатор, изготовляемый по месту, камеры реакции с мешалками диаметром $3,3 \text{ м}$ и высотой $4,2 \text{ м}$.

Производительность приведенного комплекта сооружений $12 \text{ м}^3/\text{сутки}$ хлорной извести, содержащей 30% «активного хлора» при времени контакта реагента с очищаемой сточной водой 5—15 мин. Стоимость указанной хлораторной составляет 13,4 тыс. руб., из которых строительная часть 6,8 тыс. руб. и оборудование 6,6 тыс. руб. Отсюда строительная стоимость в целом составляет 7,7 коп. на 1 м^3 суточной производительности станции.

При указанном выше расходе сточных вод их годовое количество составит (число рабочих дней в году принято равным 350)

$$500 \cdot 350 = 175\,000 \text{ м}^3.$$

Расход реагента — товарной хлорной извести, содержащей 30% «активного хлора», исходя из необходимой дозы 0,5—1,5 кг/м³ составит:

- а) цена хлорной извести 93 р. 65 коп. за 1 т;
- б) расход ее в год 175 т;
- в) годовая стоимость

$$175 \cdot 93 \text{ р. } 65 \text{ коп.} = 16\,388 \text{ р. } 75 \text{ коп.}$$

Отсюда стоимость реагента для очистки 1 м³ сточных вод будет

$$1\,638\,875 : 175\,000 = 9,37 \text{ коп.}$$

Примерные технико-экономические показатели рассматриваемой станции очистки приведены ниже:

Статьи расхода	Стоимость, тыс. руб.
<i>Капитальные затраты на строительство ре- агентного хозяйства:</i>	
а) стоимость строительно-монтажных работ . . .	26,50
б) » оборудования	10,00
Общая сметная стоимость реагентного хозяйства	36,50
в) стоимость сетей	5,00
А. Прямые расходы	
1. Зарплата обслуживающего персонала	6,48
Начисление на зарплату (30% от 6,48 тыс. руб.)	1,94
<hr/>	
Итого зарплата с начислением:	8,42
2. Стоимость электроэнергии	14,52
3. » реагентов (хлорной извести)	16,39
4. Отчисления на текущий ремонт:	
а) от стоимости сооружений (2,2% от 26,50 тыс. руб.)	0,58
б) от стоимости оборудования (3,8% от 10,00 тыс. руб.)	0,38
в) от стоимости сетей (2,9% от 5,00 тыс. руб.)	0,15
<hr/>	
Итого отчисления на текущий ремонт:	1,11
Всего прямые расходы:	40,44
Б. Отчисления	
5. Отчисления на амортизацию и капитальный ре- монт:	
а) от стоимости сооружений (6% от 26,5 тыс. руб.)	1,59
б) от стоимости оборудования (12% от 10,00 тыс. руб.)	1,20
в) от-стоимости сетей (4% от 5,00 тыс. руб.)	0,20
<hr/>	
Итого:	2,99
Всего сумма расходов по разделам А и Б:	43,43
6. Неучтенные расходы (4% от 43,43 тыс. руб.)	1,74
<hr/>	
Всего по смете:	45,17

Отсюда стоимость очистки 1 м³ сточных вод составит:

$$45,17 \text{ тыс. руб.} : 175000 = 25,8 \text{ коп.}$$

При подсчете стоимости очистки сточных вод на 1 т перерабатываемой руды получаем следующее.

На переработку 1 т руды расходуется от 4 до 8 м³ воды. Принимаем средний расход воды равным 6 м³ на 1 т перерабатываемой руды.

Очищаемые раствором хлорной извести стоки составляют 10% от всей расходуемой производством воды.

Следовательно, стоимость очистки составит

$$\frac{6 \cdot 10}{100} \cdot 25,8 = 15,5 \text{ коп.}$$

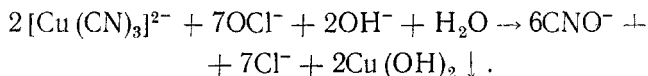
На ряде свинцово-цинковых обогатительных фабрик сбрасываемые со сгустителей медного и свинцового концентрата сточные воды в результате применения таких флотореагентов, как цианплав и медный купорос, содержат весьма ядовитые, растворимые, комплексные цианиды меди [Cu (CN)₃]²⁻. Концентрация их приведена в табл. 68.

Т а б л и ц а 68

Концентрация комплексных цианидов меди в сливах со сгустителей медного и свинцового концентрата

Показатели	Номер свинцово-цинковой обогатительной фабрики		
	1	2	3
Комплексные цианиды меди, мг/л в пересчете на CN	224—290	337	164
» » » Cu	271—351	408	200
Расход сточных вод, м ³ /сутки .	420	130	312

При очистке указанных сточных вод хлорной известью (или гипохлоритом кальция) по приведенной схеме протекает реакция (44):



При этом выпадает в осадок гидроксид меди Cu (OH)₂, занимающая относительно очищаемой сточной воды объем от 1,5 до 6,5% после 2-ч отстаивания. Плотность этого осадка 1,06 г/см³ и влажность 98—99%.

В получаемом осадке содержится вся медь, теряемая со сточными водами. Количество ее для одной фабрики (в перерасчете на металл) 114 кг/сутки, а для другой 53 кг/сутки и для третьей

62 кг/сутки, что в сумме составляет ~ 7 т/месяц. Если перед сбросом очищенных сточных вод в хвостохранилище этот осадок отделять в имеющихся производственных ловушках после 1—2-ч. отстаивания, то при добавлении к медному концентрату он будет хорошо обезвоживаться, что даст дополнительно ~ 7 т/месяц чистой меди по трем фабрикам.

Если принять содержание меди в полиметаллической руде равным 1% (1,48%) [82], то обогатительная фабрика, перерабатывающая 4 тыс. т. руды в сутки, должна при 100%-ном извлечении давать 40 т/сутки металлической меди.

Обычное извлечение меди в концентрат составляет 93%. Следовательно, будет получено

$$\frac{40 \cdot 93}{100} = 37,2 \text{ т/сутки меди.}$$

Кондиционный медный концентрат содержит 20—25% Cu, откуда общее количество медного концентрата составит

$$37,2 \cdot 4 = 148,8 \text{ т/сутки.}$$

Сливы с медных и свинцовых сгустителей данной фабрики составляют 420 м³/сутки и из них получается 6% по объему осадка с 99% влаги и содержанием 114 кг/сутки металлической меди.

Отсюда суточный объем осадка составит $420 \cdot 0,06 = 25,2$ м³ и масса его 26,7 т (считая плотность равной 1,06 г/см³).

При влажности медного концентрата, поступающего на вакуум-фильтр, равной 90%, количество его будет составлять 1488 т/сутки. Таким образом, количество добавляемого к медному концентрату гидратного осадка будет равно

$$2670 : 1488 = 1,8\%.$$

Такая добавка гидратного осадка не окажет никакого влияния на работу вакуум-фильтров. Химический анализ гидратного осадка, полученного при очистке сливов со сгустителей медных и свинцовых концентратов хлорной известью от комплексных цианидов меди, показал, что в нем содержится 17,5% Cu и 82,5% CaO и прочих примесей.

Стоимость получаемого дополнительного количества меди полностью покрывает расходы фабрики по очистке сточных вод. Для того чтобы очистить сточные воды трех рассматриваемых фабрик от цианидов, потребуется хлорная известь, содержащая 30% «активного хлора» в следующих количествах:

а) комплексные цианиды меди, подлежащие окислению на первой фабрике:

$$\frac{224 \cdot 420}{1000} = 94,1 \text{ кг/сутки;}$$

б) комплексные цианиды меди, подлежащие окислению на второй фабрике:

$$\frac{337 \cdot 130}{1000} = 34,8 \text{ кг/сутки};$$

в) комплексные цианиды меди, подлежащие окислению на третьей фабрике:

$$\frac{164 \cdot 312}{1000} = 51,2 \text{ кг/сутки}.$$

Расход «активного хлора» определяем по формуле

$$X = \frac{3,18 \cdot BQ}{10a} + n$$

где 3,18 — постоянный коэффициент расхода «активного хлора» по реакции;

B — количество цианидов, равное $94,1 + 34,8 + 51,2 = 180,1 \text{ кг/сутки}$;

Q — расход сточных вод, равный $420 + 130 + 312 = 862 \text{ м}^3/\text{сутки}$;

n — избыток «активного хлора», принимаемый равным 5 мг/л ;

a — активность товарной хлорной извести, равная 30%.

После подстановки численных значений

$$X = \frac{3,18 \cdot 180,1 \cdot 862}{10 \cdot 30} + 5 = 1,6 \text{ т/сутки}.$$

При этом будет получено около 250 кг/сутки дополнительного металла меди в концентрате:

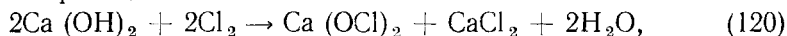
$$\frac{271 \cdot 420}{1000} + \frac{408 \cdot 130}{1000} + \frac{200 \cdot 312}{1000} = 249,3.$$

Если цена тонны отходов меди равна 360 руб. [83], это составит в сутки 87,5 руб., или в год 30,6 тыс. руб. При стоимости 30%-ной по «активному хлору» хлорной извести по 93 р. 65 коп. за тонну, расход ее на очистку сточных вод составит 150 руб/сутки , доход же от получения дополнительного металла $87,5 \text{ руб/сутки}$. Таким образом, издержки на стоимость реагентов, расходуемых для очистки сточных вод, резко снижаются с 150 до 62,5 руб. в сутки, т. е. более чем в 2 раза. Отсюда, если очистка 1 м^3 сточных вод по этому методу стоила 9,37 коп., то при реализации выделяемой меди она будет стоить 3,9 коп.

Схема очистки сточных вод гипохлоритом кальция, получаемым на месте из жидкого хлора и извести

При отсутствии хлорной извести или гипохлоритов можно применять жидкий хлор в щелочной среде. Обычно рекомендуют подщелачивать обрабатываемые сточные воды известковым моло-

ком до необходимой величины рН и затем вводить в них жидкий хлор. Работа по этой схеме не безопасна при каких-либо перебоях с известью, что приводит к снижению рН, т. е. к недостаточному подщелачиванию обрабатываемых сточных вод. Недостаток щелочи не позволяет полностью нейтрализовать соляную кислоту, получающуюся при введении в воду жидкого хлора. Снижение рН до 6,5 приводит к образованию и выделению в атмосферу сильно токсичного хлор-циана. Чтобы избежать этого, автор рекомендует схему, при которой жидкий хлор вводят не в обрабатываемую сточную воду, в которую предварительно добавлено известковое молоко до нужного значения рН, а в раствор известкового молока. Согласно реакции

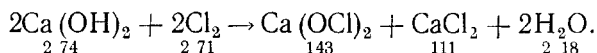


получается рабочий раствор гипохлорита кальция на месте, которой затем и вводят в очищаемую сточную воду.

Расчет необходимых количеств извести, хлора и воды, а также определение получаемого количества гипохлорита кальция производят по следующей схеме:

1. Расчет необходимого количества хлора и извести

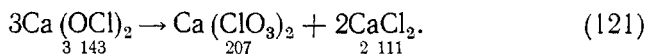
Данному производству гипохлорит кальция нужен в количестве 3 *т/сутки* в пересчете на 100% $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, или 1050 *т/год*. С учетом того, что на разложение гипохлорита кальция необходимо 5%, надо получить его 3,16 *т/сутки*. На основании реакции (120) записываем



Следовательно,

	Ca(OH) ₂	Cl ₂	Ca(OCl) ₂	CaCl ₂	H ₂ O	Итого
Поступление	3,27	3,14	—	—	—	6,41
Выход	—	—	3,16	2,45	0,8	6,41

Учитываемая реакция разложения гипохлорита кальция



Отсюда баланс стадии получения гипохлорита кальция будет следующим:

1. Известковое молоко:	Поступление			
	<i>т/сутки</i>	<i>м³/сутки</i>	% вес.	% общ.
Гидроокись кальция	4,00	—	15,00	—
Примеси	0,06	—	0,21	—
Вода	22,64	—	84,79	—
Итого:	26,70	—	100,00	—

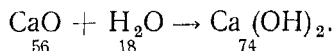
2. Хлор-газ:				
Хлор	3,140	990,0	98,80	96,0
Водород	0,001	10,2	0,03	1,0
Двуокись углерода	0,022	15,4	0,70	1,5
Воздух	0,014	15,4	0,47	1,5
Итого:	3,177	1031,0	100,00	100,0
	<i>Выход</i>			
1. Раствор гипохлорита кальция:				
Гипохлорит кальция	3,000	—	—	9,05
Гидроокись кальция	0,730	—	—	2,02
Хлорид кальция	2,670	—	—	8,04
Хлорат кальция	0,077	—	—	0,23
Примеси	0,060	—	—	0,17
Вода	26,220	—	—	80,49
Итого:	32,757	—	—	100,00
2. Абгазы:				
Водород	0,001	—	—	—
Воздух	0,014	—	—	—
Итого:	0,015	—	—	—
Всего:	32,772	—	—	—

Следовательно, годовой расход $\text{Ca}(\text{OH})_2$ для получения 10%-ного по $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ щелочного раствора гипохлорита кальция составит $4 \cdot 350 = 1400 \text{ т}$.

Известковое молоко, подвергаемое обработке хлором, для получения 10%-ного по $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ рабочего раствора гипохлорита кальция приготавливают 15%-ным по $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

2. Гашение извести и приготовление известкового молока

Гашение извести протекает по реакции



Следовательно,

	CaO	H ₂ O	Ca(OH) ₂	Итого
Поступление	3,0	1,0	—	4,0
Выход	—	—	4,0	4,0

При содержании в известковом молоке 15% (по массе) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ количество его будет

$$4 : 0,15 = 26,7 \text{ т/сутки, или } 9345 \text{ т/год}$$

Количество воды, необходимое для реакции гашения извести, равно 1 т/сутки.

Расход воды на разбавление гашеной извести до 15%-ного молока составит

$$26,7 - 4 - 0,5 = 22,2 \text{ т/сутки,}$$

где 0,5 т/сутки — количество примесей в молоке.

Расход воды на испарение составит

$$22,2 \cdot 0,1 = 2,22 \text{ т/сутки.}$$

Общее необходимое количество воды будет

$$1,0 + 22,4 + 2,22 = 25,42 \text{ т/сутки.}$$

Расход технической обожженной извести, содержащей 50% (по массе) СаО, равен $3,0 : 0,5 = 6 \text{ т/сутки.}$

Отсюда баланс стадии гашения извести будет следующим:

Поступление			Выход		
Наименование	Количество		Наименование	Количество	
	т/сутки	% (по массе)		т/сутки	% (по массе)
1. Техническая обожженная известь:			1. Известковое молоко:		
окись кальция	3,0	50,0	гидроокись кальция	4,0	15,0
примеси	3,0	50,0	примеси	0,06	0,23
Итого:	6,0	100,0	Вода	22,6	84,77
2. Вода	25,42	—	Итого:	26,66	100,0
Всего:	31,42	—	2. Вода на испарение	2,22	—
			Итого:	2,22	—
			3. Отходы-шлам	2,54	—
			Итого:	2,54	—
			Всего:	31,42	—

Технология очистки сточных вод такая же, как и при использовании извести или хлорной извести, т. е. полученный на месте рабочий раствор гипохлорита кальция вводят в необходимом количестве в очищаемую сточную воду. По окончании реакции окисления проводят отстаивание для выделения осадков и очищенную сточную воду сбрасывают в водоем или канализацию.

Принципиальная схема очистки сточных вод приведена на рис. 26.

Усреднитель сточных вод, предназначенный для выравнивания колебаний в расходе их и концентрации загрязнений, устраи-

вают так же, как и при использовании в качестве реагента для очистки известкового молока или раствора хлорной извести.

Устройство склада извести, условия его эксплуатации и приготовление рабочего раствора известкового молока изложены в гл. IV. Правила по технике безопасности при работе на складе жидкого хлора и испарительной станции приведены в приложении VI.

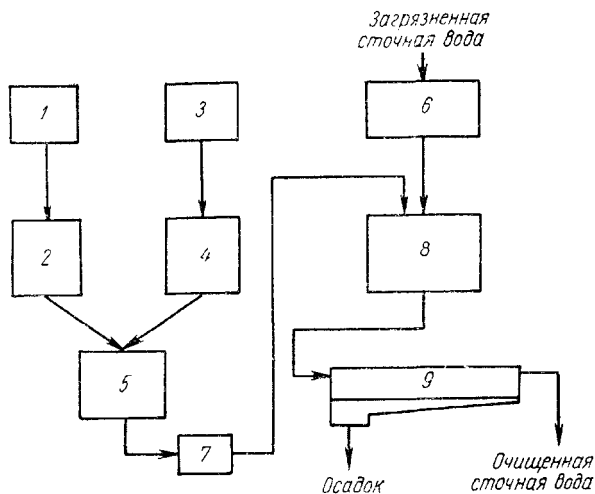


Рис. 26. Принципиальная схема очистки сточных вод гипохлоритом кальция, получаемым на месте из жидкого хлора и извести:

1 — склад извести; 2 — емкость для приготовления известкового молока; 3 — склад жидкого хлора; 4 — испарительная станция; 5 — емкость для приготовления рабочего раствора гипохлорита кальция; 6 — усреднитель сточных вод; 7 — дозатор; 8 — камера реакции; 9 — отстойник

Расходный склад жидкого хлора с испарительной станцией рассчитывают на необходимое количество хлор-газа, направляемого в известковое молоко для получения рабочего раствора гипохлорита кальция.

Например, если оборудовать склад жидкого хлора на 96 т, то в его состав включают следующее оборудование:

- 1) три емкости для жидкого хлора диаметром 2248 мм и длиной 10500 мм;
- 2) два испарителя жидкого хлора диаметром 1350 мм и высотой 2250 мм;
- 3) буфер для хранения хлор-газа диаметром 600 мм и высотой 1804 мм;
- 4) колонну для очистки абгазов диаметром 1000 мм, высотой 6000 мм;
- 5) промежуточный сборник диаметром 1600 мм и высотой 1800 мм;

- 6) шесть центробежных насосов НП-1 производительностью $72 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- 7) фильтр шлама к насосу диаметром 350 мм, высотой 465 мм;
- 8) приемный бак диаметром 3500 мм, высотой 3500 мм;
- 9) эжектор производительностью $175 \text{ кг}/\text{ч}$;
- 10) вентилятор типа ВД производительностью $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$, высотой 150 мм;
- 11) два хлоратора № 13 диаметром 2660 мм, высотой 2660 мм;
- 12) фильтр для воздуха диаметром 1500 мм, высотой 600 мм;
- 13) два компрессора ВК-25Э производительностью $75 \text{ м}^3/\text{ч}$, избыточным давлением 25 ат.
- 14) маслоотделитель для воздуха диаметром 159 мм и высотой 2000 мм;
- 15) ресивер для воздуха диаметром 1000 мм и высотой 2250 мм.
- 16) холодильник длиной 3445 мм и высотой 1453 мм;
- 17) водоотделитель диаметром 159 мм и высотой 2000 мм;
- 18) две колонки для сушки воздуха диаметром 365 мм и высотой 3200 мм;
- 19) фильтр для воздуха диаметром 365 мм, высотой 465 мм;
- 20) электроподогреватель воздуха диаметром 700 мм, высотой 900 мм;
- 21) ручная кошка с червячным подъемным механизмом грузоподъемностью 10 т.

Хлоратор № 13 представляет собой круглый в плане металлический резервуар с крышкой, гумированный внутри, снабженный механической лопастной мешалкой. Полный объем бака 14 м^3 , и он рассчитан на прием $11-12 \text{ м}^3$ известкового молока. После заполнения его известковым молоком в хлоратор впускают хлор-газ, одновременно включая мешалку. При взаимодействии хлора с известковым молоком в течение 1 ч образуется 10%-ный раствор гипохлорита кальция, который после проверки на содержание «активного хлора» перекачивается в емкость для хранения.

Далее сточные воды обрабатывают раствором гипохлорита кальция, так же как и известковым молоком (см. гл. IV) или раствором хлорной извести (см. гл. IV).

Расчет стоимости очистки сточных вод получаемым на месте раствором гипохлорита кальция для обработки $13\,000 \text{ м}^3/\text{сутки}$ при дозе «активного хлора» $0,25 \text{ г}/\text{л}$ дает следующие результаты: суточный расход «активного хлора» $3,25 \text{ т}$, расход продажной извести, содержащей 50% активной CaO , $5,78 \text{ т}/\text{сутки}$, а расход жидкого хлора $3,27 \text{ т}/\text{сутки}$.

При стоимости товарной извести 10 р. 70 коп. за 1 т и стоимости жидкого хлора 70 руб. за 1 т капитальные затраты на строительство очистных сооружений для обработки указанного количества цианосодержащих сточных вод составят:

- 1) склад жидкого хлора 4908 м^3 164,31 тыс. руб.;

Необходимое количество СаО будет

$$\frac{3387 \cdot 56}{74} = 2570 \text{ кг.}$$

Расход продажной извести, содержащей 50% активной СаО, составит

$$\frac{2570}{0,50} = 5140 \text{ кг.}$$

Количество примесей будет

$$5140 - 2570 = 2570 \text{ кг.}$$

Расход реагентов на побочную реакцию составит: по хлору $3250 \cdot 0,002 = 6,5 \text{ кг}$, по Са (ОН)₂—6 кг.

Последними двумя величинами, ввиду их незначительности, пренебрегают и расход извести принимают равным 5140 кг/сутки, или 2570 кг/сутки активной СаО. Необходимо, чтобы избыток СаО в известковом молоке составлял для обеспечения стабильности раствора гипохлорита кальция с учетом разложения его 15 г/л, т. е. из 135 г/л СаО в реакцию будет вступать 120 г/л, а 15 г/л оставаться в избытке.

Тогда расход извести составит

$$\frac{135 \cdot 2570}{120} = 2900 \text{ кг/сутки,}$$

или в пересчете на товарную известь

$$2900 : 0,5 = 5800 \text{ кг/сутки.}$$

Следовательно, остаток извести в растворе гипохлорита кальция равен

$$2900 - 2570 = 330 \text{ кг.}$$

Количество примесей в извести составит

$$5800 - 2900 = 2900 \text{ кг.}$$

Расход известкового молока будет

$$2900 : 135 = 21,5 \text{ м}^3/\text{сутки.}$$

Расход хлор-газа с учетом 0,5% потерь равен

$$3250 + 3250 \cdot 0,005 = 3266 \text{ кг.}$$

Количество образующего гипохлорита кальция составит

$$\frac{3250 \cdot 143}{142} = 3625 \text{ кг.}$$

Количество образуемого хлорида кальция будет

$$\frac{3250 \cdot 111}{142} = 2540 \text{ кг.}$$

Количество воды равно

$$\frac{3250 \cdot 36}{142} = 824 \text{ кг.}$$

Отсюда таблица материального баланса будет следующей:

Наименование	Поступление		Наименование	Выход	
	Количество	Количество		Количество	Количество
	кг/сутки	м ³ /сутки		кг/сутки	м ³ /сутки
Хлор-газ	3 266	1010	Раствор гипохлорита кальция	27 265	22,7
Известковое молоко	24 015	21,5	В том числе:		
В том числе:			Ca(OCl) ₂ — 3625		
CaO — 135 г/л —			примеси из известкового молока 2215		
2900 в пересчете на Ca(OH) ₂			Ca(OH) ₂ — 435		
3380 + 435 = 3815			H ₂ O — 18 450		
H ₂ O — 824 г/л			CaCl ₂ — 2540		
17 630					
Примеси (CaCO ₃ и др.)			Итого.	27 265	
223 г/л — 2570 кг			Потери хлора	16	
Итого:	24 015		Всего:	27 281	
Всего:	27 281				

Сравнительные эксплуатационные показатели стоимости очистки на станциях приготовления гипохлорита кальция из жидкого хлора и известкового молока со стоимостью очистки тех же сточных вод хлорной известью или товарным продажным гипохлоритом кальция показывают, что приготовление гипохлорита кальция на месте значительно дешевле, чем применение покупных реагентов.

Разберем следующий пример. Годовое необходимое количество жидкого хлора станции очистки сточных вод составляет 1200 т. Соответственно расход извести равен 1250 т/год. При отпускной стоимости жидкого хлора 70 руб/т и стоимости транспортировки его в железнодорожных цистернах 5 руб/т, полная его цена со-

ставит 75 руб/т. При стоимости извести (с учетом ее переработки) 20 руб/т общая стоимость реагентов составит

$$75 \cdot 1200 + 20 \cdot 1250 = 115 \text{ тыс. руб/год.}$$

Если эти же сточные воды очищать раствором хлорной извести, содержащей 30% «активного хлора», то необходимый расход ее составит 11 т/сутки, или 3800 т/год. При средней цене хлорной извести 93 р. 65 коп. за тонну годовая стоимость только одного реагента составит

$$3800 \cdot 93 \text{ р. 65 коп.} = 355,78 \text{ тыс. руб.}$$

При использовании в качестве реагента покупного гипохлорита кальция (сухого), которого понадобится на очистку тех же сточных вод 3,3 т/сутки, и цене его 150 руб. за тонну стоимость реагента для очистки составит

$$3,3 \cdot 350 \cdot 150 = 173,25 \text{ тыс. руб/год.}$$

Следовательно, стоимость реагентов при очистке сточных вод гипохлоритом кальция, приготавливаемым на месте из жидкого хлора и известкового молока, равна 115 тыс. руб/год, стоимость реагентов при той же очистке продажной хлорной известью 356 тыс. руб/год, а при использовании для этих целей покупного гипохлорита кальция — 173 тыс. руб/год.

Таким образом, рекомендуемая схема очистки сточных вод гипохлоритом кальция, приготавливаемым на месте, является наиболее экономически выгодной, без учета того, что хлорная известь и гипохлорит кальция являются остродефицитными реагентами.

Отдельные решения схем очистки

Цементация меди с последующей нейтрализацией сточных вод

Некоторые шахтные воды имеют кислую реакцию и загрязнены катионами меди. Для их очистки используют метод «цементации», заключающийся в извлечении меди из кислой среды железным скрапом. Схема цементационной установки с последующей нейтрализацией приведена на рис. 27. Для замещения катионов меди в растворе катионами железа теоретически по реакции требуется на 100 частей меди 88,2 части железа. Практически на каждые 100 частей меди следует загружать не менее 200 частей железа. Время контакта принимают равным 20 мин, реакция среды должна быть кислая. Для лучшего отделения пленки металлической меди от железа скрап необходимо периодически перемешивать и по мере растворения дополнять свежим. Выходящую из реактора, загруженного железным скрапом, сточную воду подвергают обычной нейтрализации известковым молоком до $\text{pH} \approx 8 \div 9$ и отстаивают

для выделения образующихся осадков гидроокиси (или гидрозакиси) железа, гидроокиси меди (или основной углемедной соли) и сульфата кальция. Омедненный железный скрап периодически передают на медеплавильные заводы для использования извлеченной меди в народном хозяйстве.

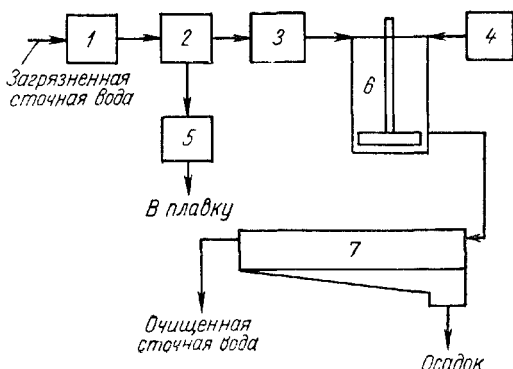


Рис 27 Принципиальная схема цементационной установки:

1 — усреднитель сточных вод, 2 — емкость для железного скрапа, 3 — сборник для кислой железосодержащей воды, 4 — бак для известкового молока, 5 — емкость для металлической меди на железе, 6 — нейтрализатор, 7 — отстойник

По данным А. Н. Квятковского¹ эффект очистки сточных вод от катионов меди методом цементации может быть увеличен в 10—15 раз при вибрацией металла в цементаторе или растворе с частотой 50 гц. При этом цементация меди на железе даже из слабоконцентрированных сточных вод (начальная концентрация меди 0,5—4,0 г/л) достигала 95—99% вместо обычно получаемой глубины извлечения меди, равной 50—60%.

Очистка сточных вод от грубодисперсных примесей

Оловянные гравитационные обогатительные фабрики сбрасывают так называемые условно чистые воды, содержащие хвосты гравитации (пустая порода, песок, глина), не загрязненные никакими вредными веществами. Поэтому не требуется какая-либо химическая очистка, однако сбрасывать такие воды в водоем или повторно использовать в обороте нельзя из-за грубодисперсных примесей, которые даже при длительном отстаивании полностью не выпадают в осадок.

¹ К в я т к о в с к и й А. Н. В сб. «Очистка сточных вод методом виброцементации». Тезисы докладов I научно-технической конференции института «Каз-механобр» (16—18 октября 1968 г.), Алма-Ата, с. 5.

Кинетика выпадения грубодисперсных примесей из сточных вод оловянной гравитационной фабрики приведена ниже:

Время отстаивания, ч—мин	Объем осадка, %
0—05	0
0—10	0
0—15	0
0—30	Сл.
1—00	»
1—30	»
2—00	»
24—00	»

Количество грубодисперсных примесей после 2-ч отстаивания составляет 56,6 г/л. Прозрачность равна 0 см.

Как можно видеть, даже суточное отстаивание не приводит к очистке сточных вод от грубодисперсных примесей. Осветление их фильтрованием также не дает положительных результатов, во-первых, вследствие забивания пор фильтра почти коллоидными частичками грубодисперсных примесей, во-вторых, в результате прохождения сквозь фильтр неосветленной воды, содержащей до 112 мг/л грубодисперсных примесей, и чрезвычайной длительности самого процесса фильтрования.

Однако, если к данной сточной воде добавить всего лишь 50 мг/л активной СаО в виде известкового молока, то рН ее меняется с 7,4 до 9,0 и в первые же 10—15 мин все не оседавшие ранее грубодисперсные примеси выпадают в осадок. Содержание их в осветленной воде равно нулю и прозрачность составляет более 30 см. Такую воду можно использовать в системе оборотного водоснабжения или при необходимости сбросить в водоем. Расход товарной извести, содержащей 50% активной СаО, составит всего 100 г на 1 м³ сточной воды, и объем полученного осадка увеличится на 0,5%.

Очистка сливов со сгустителей медных и свинцовых концентратов

Сливы со сгустителей концентратов загрязнены комплексными цианидами меди и цинка (до 400 мг/л в пересчете на циан) и фенолами или крезолами (до 7—8 мг/л в пересчете на фенол). Схема очистки их «активным хлором» приведена на рис. 28.

Необходимую дозу «активного хлора» принимают из следующего расчета: 3,5 мг «активного хлора» на 1 мг цианидов, 7—8 мг «активного хлора» на 1 мг фенолов и 20—30% избытка в расчете на хлороемкость воды, чтобы в очищенной сточной воде оставалось 2—3 мг/л остаточного «активного хлора». Найденную в результате расчетов дозу реагентов в каждом конкретном случае следует проверить и уточнить на реальной сточной воде по методу «проб-

ного хлорирования» Ввиду того что получающиеся осадки гидроксида меди и цинка можно использовать в технологическом процессе, их выделяют из обработанной сточной воды, отстаивая в технологических ловушках или специальных отстойниках для последующей утилизации Продолжительность контакта сточной

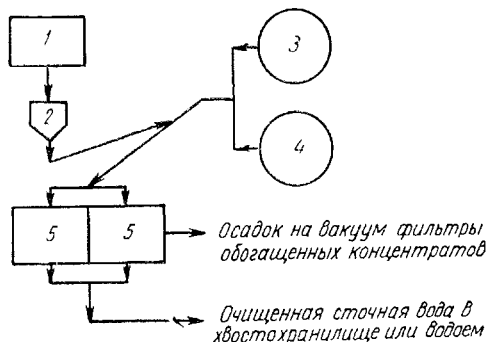


Рис 28 Принципиальная схема очистки сточных вод со сгустителями «активным хлором» от цианидов и фенолов

1 — емкость для приготовления рабочего раствора хлорной извести или гипохлорита, 2 — дозатор реагента, 3 — сгуститель медного концентрата, 4 — сгуститель цинкового (или свинцового) концентрата, 5 — ловушка или отстойник

50—60 мм. Перемешивание осуществляют барботированием воздуха. Время электролиза от 3 до 10 ч.

Условия электролиза для сточной воды, содержащей цианидов общих 250—290 мг/л, роданидов 120—160 мг/л, фенолов 12—18 мг/л и меди 200—250 мг/л, связанной в комплекс с цианидами, приведены в табл. 69.

Медь при этом выделяется на катоде в виде металла в количестве 60—70% от ее содержания в сточных водах, остальное количество выпадает в осадок на дно ванны в виде основной углемедной соли $\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CO}_3$ или цианистой меди CuCN . Техничко-экономические расчеты показали, что применение этого метода может быть более рентабельно, чем реагентного при концентрации цианидов в сточных водах не менее 200 мг/л.

Очистка сточных вод свинцово-цинковых флотационных обогатительных фабрик

Сточные воды свинцово-цинковых обогатительных фабрик загрязнены в основном грубодисперсными примесями, цианидами, фенолами и отчасти катионами тяжелых металлов.

На практике встречаются следующие варианты распределения загрязнений:

воды с реагентами при очистке только от цианидов составляет 3—5 мин, при одновременной очистке и от фенолов 30 мин.

Вместо локальной очистки сливов со сгустителями «активным хлором» можно применять электрохимический метод. Характеристика одной из электролитических ванн (число которых на установке зависит от расхода сточных вод) следующая: длина 1,5 м, ширина 0,8 м, глубина 0,9 м. Аноды изготовлены из графита, катоды — из меди. Межэлектродное расстояние

Условия электрохимической очистки сливов со ступителей медного концентрата

Сила тока а	Анодная плотность а/м ²	Среднее на пряжение на электродах шинах, в	Продолжи тельность электролиза	рН	Концентрация основных загрязнений в сточной воде мг/л				Количество солей добавляемых в сточ ную воду, кг/м ³		Удельный расход электроэнер гии квт ч/м ³
					цианиды	роданиды	фенолы	медь	NaCl	Na ₂ CO ₃	
250	35	9,8	0	8,0	271,5	157,8	15,0	250,0	} Не добавляли	—	
			3	—	143,0	—	—	—			
			7	—	62,4	67,5	0	43,0			
			10	7,2	23,0	10,5	—	—			
450	65	6,8	0	8,0	287,5	156,0	15,0	250,0	}	25	
			3	—	120,4	48,4	—	—			
			6	—	32,1	—	—	—			
			8	7,0	1,5	0	0,02	14,4			
450	65	6,8	0	9,6	287,5	156,0	15,0	250,0	}	25	
			3	—	135,0	57,5	—	—			
			8	8,7	14,2	7,3	Сл	13,1			
			—	—	—	—	—	—			
550	80	6,3	0	8,4	188,0	128,0	16,0	160,0	}	14,1	
			2	—	47,2	—	—	—			
			5	6,8	2,1	0	Сл	5,2			
			—	—	—	—	—	—			
550	80	5,5	0	10,2	287,5	158,7	15,0	—	}	18,1	
			2	—	94,1	67,4	—	—			
			5	—	21,0	0	—	—			
			6	9,0	0	—	0	—			
550	80	5,6	0	9,6	287,5	158,7	15,0	250	}	14,4	
			3	—	82,3	22,4	—	—			
			4,5	8,7	0	0	—	10,2			
			—	—	—	—	—	—			

1) цианидами и фенолами загрязнены сливы со сгустителей концентрата (схема очистки их приведена выше), а хвостовой слив нуждается только в осветлении;

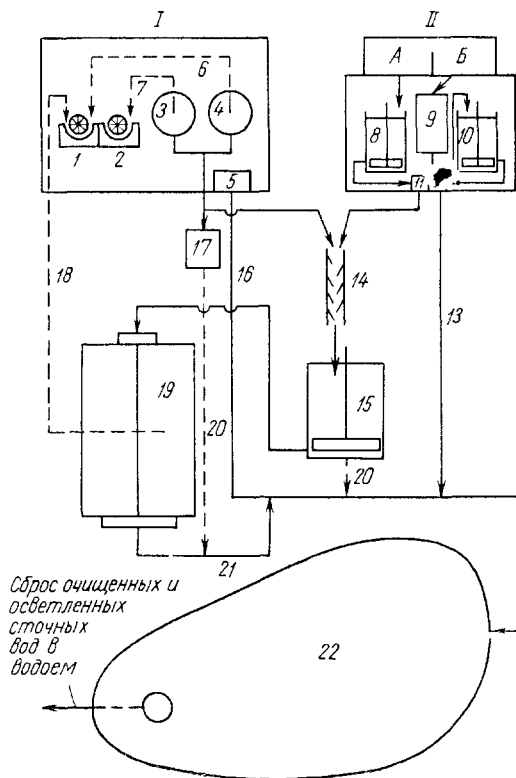


Рис. 29. Принципиальная схема очистки сточных вод свинцово-цинковых обогатительных фабрик от цианидов, ионов металлов и грубодисперсных примесей:

I — обогатительная фабрика; *II* — реагентное хозяйство; *A* — склад хлорной извести; *B* — склад негашеной извести; 1 — вакуум-фильтр медного концентрата; 2 — вакуум-фильтр свинцового концентрата; 3 — сгуститель свинцового концентрата; 4 — сгуститель медного концентрата; 5 — зумпф хвостовой пульпы; 6 — трубопровод для медного концентрата; 7 — трубопровод для свинцового концентрата; 8 — емкость для приготовления рабочего раствора хлорной извести; 9 — аппарат гашения извести; 10 — емкость для приготовления известкового молока; 11 — дозатор раствора хлорной извести; 12 — дозатор известкового молока; 13 — трубопровод известкового молока, добавляемого в пульпопровод для повышения pH и очистки хвостовой пульпы от грубодисперсных примесей; 14 — смеситель; 15 — камера реакции; 16 — трубопровод хвостовой пульпы, поступающей в хвостохранилище; 17 — аварийная емкость; 18 — трубопровод для осадка гидроокиси меди; 19 — ловушки; 20 — аварийный сброс; 21 — трубопровод для сброса очищенных хлорной известью от цианидов и осветленных сливов, поступающих со сгустителей медных и свинцовых концентратов; 22 — хвостохранилище

2) весь общий сток загрязнен цианидами и фенолами и какой-либо локальный сброс, несущий основную массу загрязнений, нельзя выделить,

В первом случае общая схема канализования и очистки сточных вод представлена на рис. 29. Здесь проводят локальную очистку «активным хлором» сливов со сгустителей и обработку известковым молоком хвостовой пульпы перед хвостохранилищем, которое служит отстойником очищенных сточных вод. Обработанную реагентами и осветленную сточную воду следует использовать в системе оборотного водоснабжения и лишь в крайнем случае сбрасывать в водоем.

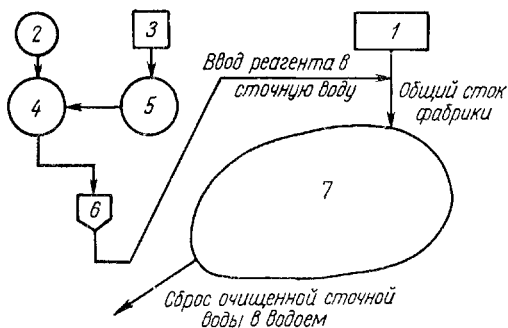


Рис. 30. Схема очистки общего стока при введении реагента до хвостохранилища:

1 — обогатительная фабрика, 2 — склад жидкого хлора, 3 — склад извести, 4 — емкость для приготовления рабочего раствора гипохлорита кальция, 5 — емкость для приготовления известкового молока; 6 — дозатор; 7 — хвостохранилище

Во втором случае необходимо обрабатывать «активным хлором» общий сток целиком. При этом возможно введение реагента до хвостохранилища (рис. 30). Это приводит к

увеличению дозы «активного хлора», который расходуется на окисление флотореагентов, сорбированных на твердой фазе стока.

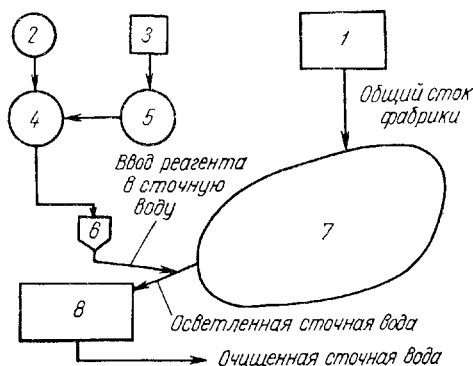


Рис. 31. Схема очистки общего стока при введении реагента после хвостохранилища:

1 — обогатительная фабрика; 2 — склад жидкого хлора; 3 — склад извести; 4 — емкость для приготовления рабочего раствора гипохлорита кальция; 5 — емкость для приготовления известкового молока; 6 — дозатор, 7 — хвостохранилище; 8 — отстойник или осветлительный пруд

В данном случае в качестве отстойника используют хвостохранилище. Если реагент вводить в осветленную воду после хвостохранилища, то расход его будет значительно (иногда в 17 раз) меньше, но требуется строительство отстойников или устройство отстойных прудов для выделения из очищенной сточной воды образовавшихся осадков (рис. 31), а так как количество их незначительно и состоят они, главным образом, из гидроокисей металлов, процесс осаждения протекает замедленно и для сокращения объема отстой-

ников следует предусматривать возможность введения в сточную воду раствора флокулянта — полиакриламида.

Выбор того или иного из двух указанных вариантов зависит от местных условий и технико-экономических показателей.

Очистка сточных вод медных обогатительных фабрик

Основными загрязнениями общего стока медных обогатительных фабрик являются грубодисперсные примеси, цианиды, ксантогенаты и в незначительных концентрациях катионы тяжелых металлов.

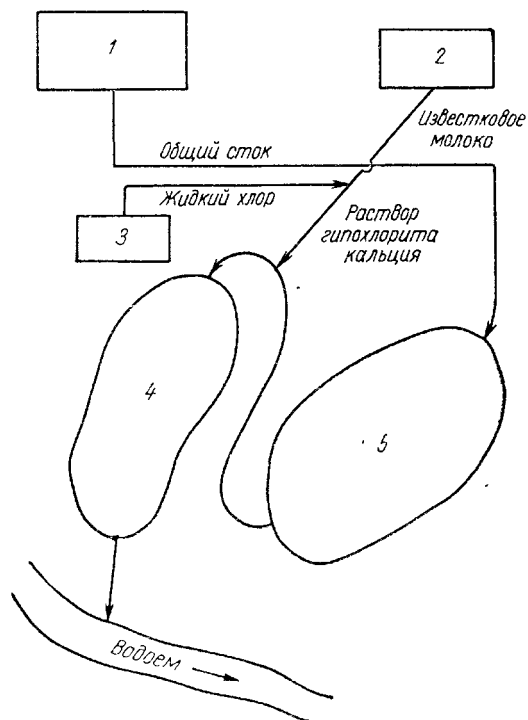


Рис. 32. Принципиальная схема очистки сточных вод меднорудной обогатительной фабрики:

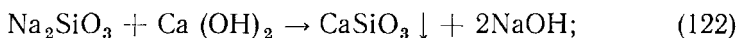
1 — меднорудная флотационная обогатительная фабрика; 2 — известковое хозяйство; 3 — испарительная станция; 4 — пруд-отстойник; 5 — хвостохранилище

Поэтому наиболее рациональной схемой очистки может служить обработка всех сточных вод «активным хлором». Цианиды при этом будут окисляться быстро и до конца благодаря тому, что рН этих сточных вод более 11. Общая схема очистки приведена на рис. 32. Как можно видеть, здесь гипохлорит кальция поступает в сточную воду после осветления в хвостохранилище,

что в 17 раз сокращает его расход по сравнению с тем, если бы его вводили в хвостовую пульпу с твердой фазой перед хвостохранилищем. Наличие же пруда-отстойника позволяет достигнуть снижения рН с 11 до 8,5 благодаря взаимодействию водной поверхности с CO_2 воздуха и естественной аэрации, при которой протекают процессы образования труднорастворимых карбонатов кальция.

Очистка сточных вод молибдено-вольфрамовых обогатительных фабрик

Сточные воды молибдено-вольфрамовых обогатительных фабрик загрязнены грубодисперсными примесями, нефтепродуктами, ксантогенатами и дитиофосфатами и отличаются от других стоков тем, что содержат весьма значительное количество солей кремневой кислоты вследствие применения при флотации жидкого стекла. Это стекло с мельчайшими частицами пульпы и при наличии в стоках соды, создает устойчивую коллоидную систему, которая препятствует полному осветлению сточных вод в хвостохранилище. При обработке таких сточных вод известью происходит разрушение коллоидной системы в результате вывода из нее ионов SiO_3^{2-} и CO_3^{2-} в виде труднорастворимых кальциевых солей:



Доза извести в среднем составляет 0,6 г/л активной CaO , которую уточняют пробным известкованием реальной сточной воды. Стабилизирующее действие жидкого стекла, кроме извести, может быть устранено введением в сточную воду раствора хлорида кальция. В этом случае также образуется труднорастворимый силикат кальция.

При обработке сточных вод раствором CaCl_2 коллоидная система разрушается и частицы пульпы, оседая, увлекают с собой флотореагенты. Одновременно в сточной воде резко снижается содержание катионов металлов, которые соосаждаются с твердой фазой. Обычная необходимая доза хлорида кальция CaCl_2 колеблется в пределах 0,5—1,0 г/л.

На молибдено-вольфрамовых обогатительных фабриках при перемешивании шеелитового концентрата образуются сточные воды, содержащие хлорид кальция в большом количестве. Добавление этих сточных вод к общему стоку в количестве, снижающем рН до 7,5, приводит к полной коагуляции грубодисперсных примесей, резкому снижению рН, резкому уменьшению концентрации токсичных веществ. Из воды полностью удаляются нефтепродукты, она становится совершенно прозрачной и может быть использована в системе оборотного водоснабжения или сброшена в водоем при условии двукратного разбавления. В табл. 70 приведены дан-

Результаты очистки сточных вод молибдено-вольфрамовых обогатительных фабрик маточным раствором перечистки шеелитового концентрата

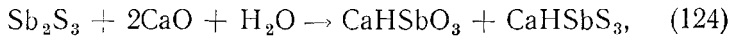
Показатели	Номер опыта				
	1	2	3	4	5
	рН				
	8,6	8,2	7,8	7,5	7,0
Прозрачность	Мутная			Прозрачная	
Медь Cu^{2+} в нефилтрованной воде, мг/л	0,08	0,07	0,06	0,06	0
Мышьяк As в нефилтрованной воде, мг/л	0,1	0,1	0,06	0,05	0,05

Примечание. Нефтепродукты (керосин, терпинеол—органолептический) отсутствуют.

ные по очистке сточных вод маточным раствором. Количество введенного маточного раствора характеризуется полученной величиной рН.

Очистка сточных вод сурьмяно-мышьяковых обогатительных фабрик [53, 54]

Сточные воды этих фабрик загрязнены грубодисперсными примесями, катионами цветных металлов в небольших количествах и фенолами. Из-за тонкоизмельченной руды (шламов) в больших количествах эти сточные воды не осветляются при длительном отстаивании и, казалось бы, их можно очищать обычным способом, в данном случае известкованием. Однако применение извести приводит к растворению сурьмы, содержащейся в отвалных хвостах:

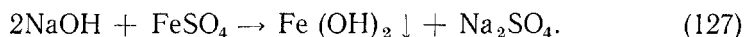
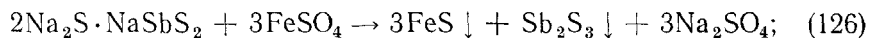


и повышению токсичности сточных вод. Поэтому для их очистки рекомендуют применять сульфат алюминия. Оптимальная доза его равна 200—250 мг/л в пересчете на $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ при значениях рН-6,7 ÷ 7,0. Коагулирование сульфатом алюминия приводит к полному осветлению сточных вод, к снижению на 50% концентрации фенолов и уменьшению содержания нефтепродуктов до остаточной концентрации 1—2 мг/л.

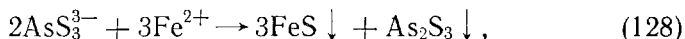
Кроме указанных сточных вод, на данном предприятии сбрасывают отработанные электролиты, содержащие значительные количества сульфидной серы, сурьмы, входящей в состав гипосурьмянистой соли, мышьяка и имеющие высокую щелочность. Сброс таких высококонцентрированных стоков без очистки и утилизации ценных веществ недопустим. Поэтому их очистку следует произ-

водить на локальной установке без сброса в общий сток обогатительной фабрики.

Лучшим реагентом для очистки данных стоков является сульфат железа (II), который разлагает Na_2S , Na_3Sb_3 и NaOH с образованием весьма труднорастворимых сульфидов железа (произведение растворимости $\text{FeS } 3,7 \cdot 10^{-19}$) и гидроксиды железа:



Одновременно происходит и очистка сточных вод от мышьяка в результате разложения пиромышьяковистых солей с образованием нерастворимого сульфида мышьяка:



и за счет хемосорбции арсенит-иона гидроокисью железа. Дозы сульфата железа (II) берут равной 105% по отношению к количеству, необходимому согласно реакциям (125)—(127). Время контакта составляет 20—30 мин, так как реакция (126) протекает во времени и зависит от концентрации сурьмы. Реакции (125) и (127) практически протекают мгновенно.

Результаты очистки отработанного электролита сульфатом железа (II) приведены в табл. 71.

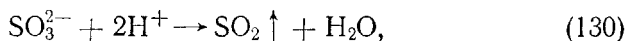
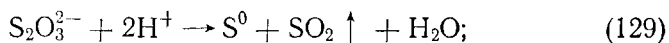
Т а б л и ц а 71

Результаты очистки отработанного электролита сульфатом железа (II)

Показатели	Электролит		Снижение количества загрязнений, %
	до очистки	после	
Сульфиды S^{2-} , г/л	36,8	0	100
Сурьма общая Sb , г/л	5,14	1,0	80,5
Мышьяк общий As , г/л	0,75	0,36	51,5
Щелочность, мг-экв/л	2460	600	—

Жидкая фаза после обработки отработанного электролита сульфатом железа (II) содержит сульфит и тиосульфат натрия, которые, попадая в водоем, потребляют кислород, нарушая тем самым естественные процессы, протекающие в водоеме. Во избежание этого необходимо сбрасывать сточные воды через накопитель небольшими порциями с учетом кислородного режима водоема, а также нейтрализовать жидкую фазу серной или соляной кисло-

тами. При этом разложение солей происходит с выделением сернистого газа и серы:



которые можно утилизировать.

Полученный при обработке сульфатом железа (II) отработанный электролит осадок, содержащий сульфиды железа, сурьмы,

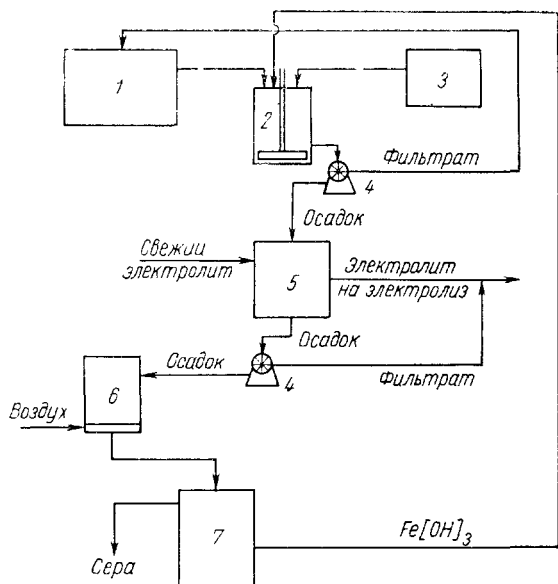


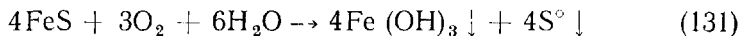
Рис 33 Технологическая схема переработки отработанного электролита:

1 — накопитель сточных вод, 2 — камера реакции, 3 — бак для раствора сульфата железа, 4 — вакуум-фильтр, 5 — отстойник, 6 — реактор, 7 — флотатор серы

мышьяка и гидроокись железа, отфильтровывают и обрабатывают свежим электролитом. При этом трехсернистая сурьма вновь переходит в жидкую фазу и может быть направлена на электролиз. Осадок, содержащий только сульфид железа, окисляется кислородом воздуха до элементарной серы и гидроокиси железа. Затем серу отделяют в виде товарного продукта, а гидроокись железа вновь используют для очистки отработанного электролита. Таким образом, из сточных вод выделяются все ценные компоненты с одновременной очисткой их от загрязнений.

Технологическая схема переработки отработанного электролита приведена на рис. 33.

Реакция окисления сульфида железа



протекает довольно медленно и заканчивается лишь через 40 мин. Ее можно ускорить введением в осадок FeS солей кобальта или хрома. Ввиду того, что сама реакция окисления сульфида железа автокаталитическая, скорость ее увеличивается по мере накопления образующейся гидроокиси железа.

Из приведенных в данной главе схем очистки сточных вод различных производств предприятий цветной металлургии следует, что в основном вся химическая реagentная очистка сводится к обработке сточных вод известковым молоком или к обработке их «активным хлором».

Если проанализировать отдельные группы производств, то можно видеть, что и для них оказываются необходимыми именно рассмотренные в данной работе три основные технологические схемы очистки. Например, для очистки сточных вод гравитационных обогатительных фабрик необходимо применение извести, которая способствует их осветлению с дальнейшим использованием в системе оборотного водоснабжения.

Шахтные воды, кроме отстаивания, иногда нейтрализуют, т. е. опять-таки обрабатывают известковым молоком. Сточные воды свинцово-цинковых, полиметаллических и многих других флотационных обогатительных фабрик очищают, применяя известковое молоко или обрабатывая их «активным хлором».

На молибдено-вольфрамовых, меднорудных, никелево-кобальтовых флотационных обогатительных фабриках можно очищать сточные воды известковым молоком.

Оловянные гидрометаллургические производства сбрасывают сточные воды, подлежащие нейтрализации, т. е. обработке известковым молоком. Сточные воды титано-магниевого предприятия следует нейтрализовать известковым молоком с одновременной очисткой от фторидов. Золотообогатительные и золотоизвлекательные фабрики сбрасывают сточные воды, очищаемые при обработке «активным хлором».

Сбрасываемые сточные воды гидрометаллургических предприятий следует очищать от катионов металлов и кислот известковым молоком. На предприятиях редкометаллической промышленности очищают сточные воды от кислот и фторидов, нейтрализуя их известковым молоком. Сопутствующие производства (сернокислотное, получения купоросов, суперфосфатное и ряд других) сбрасывают сточные воды, которые необходимо нейтрализовать и очищать от мышьяка, катионов цветных металлов, фторидов, т. е. обрабатывать известковым молоком.

Кислые сточные воды, сбрасываемые предприятиями по обработке цветных металлов, загрязнены катионами цветных металлов, и их следует очищать известковым молоком.

Таким образом, в книге показано, что применение реагентных методов очистки сточных вод предприятий цветной металлургии сводится к двум основным схемам. Важнейшим узлом схем является приготовление рабочих растворов известкового молока и «активного хлора» (хлорная известь, гипохлорит кальция, гипохлорит натрия, жидкий хлор в щелочной среде).

Безусловно, применение реагентных методов очистки не исключает широкого внедрения таких методов, как ионитные, электрохимические и т. п., а также не отменяет выбора любого окислителя вместо «активного хлора», например озона и др. Однако в настоящее время для быстрого уменьшения степени загрязненности водоемов сточными водами предприятий цветной металлургии необходимо широко внедрять и реагентные методы очистки.

Поскольку реализация этих методов сводится по существу к устройству узла по приготовлению раствора известкового молока или «активного хлора», небезынтересна идея, на которой основаны проектные решения Гипроцветмета, сводящаяся к тому, чтобы не устраивать при каждом производстве свои карликовые реагентные хозяйства, а в том или ином промышленном районе иметь при известеобжигательных установках централизованный узел приготовления известкового молока или раствора «активного хлора» с тем, чтобы отдельным предприятиям поставлять в цистернах готовые рабочие растворы реагентов. Другим не менее важным узлом схем очистки является выделение, обезвоживание, удаление, складирование и использование образующихся осадков. Требуются глубокие и обширные проработки, главным образом для их механического обезвоживания и утилизации.

ХИМИЧЕСКИЕ АНАЛИЗЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Таблица I-1

Перечень и расход флотореагентов, применяемых при обогащении свинцово-цинковых руд на различных обогатительных фабриках, кг на 1 т перерабатываемой руды

Флотореагент	Номер фабрики							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Керосин	—	0,09 *1	—	—	—	0,01	—	0
Крезол	—	—	—	0,13	0,06	—	—	—
Сосновое масло	—	—	0,04	0	0	0	0,1	0,04
Терпинеол	—	—	—	—	—	—	—	—
Активированный уголь	—	—	—	0,05	—	—	—	—
Дигидрофосфат	0,01 *1	0,28 *2	—	0,14	0,22	0,03	0,95	0
Ксантогенат	4,86	0,53	0,3	0,25	0,13	0,22	0,45	0,15
Нафтеновые кислоты	—	—	—	—	—	—	—	—
Олеиновая кислота	—	—	—	—	—	—	—	—
Жидкое стекло	—	—	—	—	—	—	—	—
Известь	—	0,15	5	13,5	5	0	2	2,5
Сернистый натрий	2,61	2	0,4	1,0	0,04	0,1	0,1	0,4
Тиосульфат натрия	—	—	—	—	—	—	—	—
Хромат калия	—	—	0,2	—	—	—	—	—
Циан-плав	2,57	0,16	0,5	0,85	0,47	0,1	0,8	0,3
Медный купорос	—	0,11	0,6	0,9	0,48	0,16	0,8	1,2
Серная кислота	—	—	—	—	—	—	—	—
Сульфат аммония	—	—	—	—	—	—	—	—
Цинковый купорос	1,46	0,48	0,7	2,4	0,78	0,2	1,0	0,85
Кальцинированная сода	4,11	1,57	0,16	0,7	—	0	2,5	0,11
Вода	4,5 *3	6,5 *3	—	—	5—3 *3	—	—	4,9—5,3 *3

*1 Для сульфидных руд. *2 Для окисленных руд. *3 Единица измерения — кубический метр.

Флюоресцент	Номер фабрики									
	9	10	11	12	13	14	15	16		
Керосин	0,05	0,26	0,19— 0,24	—	—	—	—	—	—	
Крезол	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Сосновое масло	—	—	—	0,32	—	—	—	—	—	
Терпинеол	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Активированный уголь	—	—	—	—	—	0,05	0,05	—	—	
Дитиофосфат	—	—	—	—	—	0,25	0,15	—	—	
Ксантогенат	0,12	0,18	0,17— 0,22	0,25	0,18	0,45	0,14	0,03	0,25	
Нафтеновые кислоты	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Олеиновая кислота	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Жидкое стекло	—	—	0,03	0,25	—	—	—	—	—	
Известь	0,7	2	2—2,75	2,5	—	5	7	—	—	
Сернистый натрий	—	—	—	0,5	0,09	—	—	—	—	
Тиосульфат натрия	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Хромат калия	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Циан-плав	0,34	0,4	0,27— 0,28	0,2	0,18	0,8	1,15	—	0,33	
Медный купорос	0,25	0,4	0,4—0,5	0,6	0,5	0,5	0,9	—	—	
Серная кислота	—	0,3	0,3	0,1	—	—	0,8	—	—	
Сульфат аммония	—	—	—	—	0,23	—	—	—	—	
Цинковый купорос	—	0,48	0,45	—	0,2	0,5	1,0	0,47	—	
Кальцинированная сода	0,26	—	—	1	0,11	0,7	0,4	5,1	—	
Вода	—	—	—	—	—	5 **3	5 **3	—	—	

**3 Единица измерения — кубический метр.

Характеристика сточных вод обогатительных фабрик № 1 и 2

Показатели	Сливы со сгустителей					
	цинкового концентрата	свинцового шлама	свинцовых хвостов	пиритного концентрата	свинцового концентрата	медного концентрата
Температура, °С	17	13	20	16	9	14
Цвет	Сероватый	Зелено-сероватый	—	—	—	—
Запах	—	—	—	Флюорореагентов	—	—
Прозрачность, см	3,8	0	0	0	0	7,5
pH	8,3 (8,3)	11,9	7,3	7,2	8,4 (8,4)	9,1 (9,1)
Щелочность, мг-экв/л	2,3	30,8	0,95	0,5	8	12,2
Грубодисперсные примеси, мг/л:						
общие	144 (144)	3300	2860	7400	420 (420)	80 (80)
прокаленные	96	2920	2100	5420	80	72
потеря при прокаливании	48	380	760	1980	340	8
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	0,04	0,06	0,33	1,5	0,18	0,03
Сухой остаток, мг/л:						
общий	1660	3500	1480	970	600	2500
прокаленный	1400	3300	1300	830	510	2150
потеря при прокаливании	260	200	180	140	90	350
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:						
натуральной	340 (—)	1330	1330	4200	100 (—)	440 (440)
отстоенной	230	860	100	90	57	420

Продолжение табл. 1-2

Показатели	Сливы со стусителей						
	цинкового концентрата	свинцового шлама	свинцовых хвостов	пиритного концентрата	свинцового концентрата	медного концентрата	
Хлориды Cl^- :							
mg/l	24,8	74,5	84,2	33,3	23,4	415	
$mg-экв/l$	0,7	2,1	2,4	0,94	0,66	11,7	
Сульфаты SO_4^{2-} :							
mg/l	480	190	720	440	230	77	
$mg-экв/l$	9,8	4,0	14,7	8,8	4,6	1,5	
Цианиды CN , mg/l :							
свободные	8,3	11,6	0	0	0	0	
связанные в комплекс	1,22 (1,2)	1,8	2,5	3,8	2,5 (2,5)	372 (372)	
Медь Cu , связанная в комплекс с CN , mg/l	0,34 (0,5)	0,1	0,2	0,3	0,5 (0,5)	410 (408)	
Цинк Zn , связанный в комплекс с CN , mg/l	0,5 (—)	0,6	1,8	0,9	0,5 (—)	— (—)	
Свинец Pb^{2+} , mg/l	0,25 (0,25)	0,21	0,09	0,21	0,09 (0,09)	0,21 (0,21)	
Крезол в пересчете на фенол, mg/l	2,85 (2,85)	9	3,9	3,4	6,1 (6,1)	102 (102)	
Ксантогенаты, mg/l	0,7 (0,7)	6,3	0,3	0,14	0,5 (0,5)	0,56 (0,56)	
Дитиофосфаты, mg/l	1,05 (1,05)	21	0,08	0,05	0,75 (0,75)	0,71 (0,71)	
Расход воды, $m^3/сутки$	2300	800	1300	200	900	130	

Примечание. В скобках указаны данные из проектного задания института Механобр.

Характеристика сточных вод свинцово-цинковых обогатительных фабрик № 1 и 2 (общие стоки)

Показатели	Сток				Сток		
	фабрики № 1 (общий)	фабрики № 2 (1-й)	фабрики № 2 (2-й)	фабрики № 1 и шахтных вод	из отстойников фабрики № 2	Хвостовые стоки фабрик № 1 и 2	
						до хранения хранилища	после хранения хранилища
Температура, °С	11	—	16	10	—	—	—
Цвет	Сероватый	Серомутный	Серозеленый мутный	Желто-мутный	—	—	Серомутный
Запах	Флото-реактивов (слабый)	Без запаха	Сернистый и флото-реактивов	Флото-реактивов (слабый)	—	—	Флото-реактивов (слабый)
Прозрачность, см	1,5	0,5	0	0,8	—	—	0
pH	12,3	7,7	9,8	8,4	7,2	7,3	8,3
Щелочность, мг-экв/л	13	0,7	10,1	2,5	—	—	2
Грубодисперсные примеси, мг/л:							
общие	340	440	1610	790	1300	139 000	60 800
прокаленные	—	430	1580	750	—	—	58 250
потеря при прокаливании	—	10	30	40	—	—	2 550
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	0,13	0,08	3,6	1,3	1,2*	30,8*	Гранулы нет
Сухой остаток, мг/л:							
общий	1240	150	2200	610	150	640	450
прокаленный	990	100	1980	460	90	520	420
потеря при прокаливании	250	50	220	150	60	120	30

* Приведены данные после 24-ч отстаивания.

Продолжение табл. 1-3

Показатели	Сток					Сток		
	Фабрики № 1 (общий)	Фабрики № 2 (1-п)	Фабрики № 2 (2-й)	Фабрики № 1 и шахтных вод	из отстой-ных прудов фабрики № 2	Хвостовые стоки фабрик № 1 и 2	Сток	
							до хвосто-хранили-ща	после хвосто-хранили-ща
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:								
натуральной	112	—	663	25	—	—	528	23,6
отстоенной	94	9,2	485	6,4	12,6	20,8	63,2	23,4
фильтрованной	—	—	—	—	11,5	19,2	—	—
Кальций Ca^{2+} :								
мг/л	—	—	—	—	—	—	34,3	24,3
мг-экв/л	—	—	—	—	—	—	1,7	1,2
Магний Mg^{2+} :								
мг/л	—	—	—	—	—	—	—	—
мг-экв/л	—	—	—	—	—	—	—	—
Хлориды Cl^- :								
мг/л	78	6,4	74	19,2	—	—	—	5,7
мг-экв/л	2,2	0,18	2,1	0,54	—	—	—	0,5
Сульфаты SO_4^{2-} :								
мг/л	168	91,3	606	266	58	332	—	—
мг-экв/л	3,5	2	12,3	5,4	1,2	6,7	—	—
Цианиды CN , мг/л:								
свободные	0	0	0	0	—	—	0	0
связанные в комплекс	0	2,03	0	0	0	0	0,25	—
Медь Cu , связанная в комплекс с CN , мг/л								
Цинк Zn , связанный в комплекс с CN , мг/л								
Роданиды CNS , мг/л	—	0,16	0,1	—	—	—	0,19	—
Железо общее Fe , мг/л	—	0	0	0	—	—	—	—
Медь Cu^{2+} , мг/л	—	—	46,4	1,48	—	—	8,8	3,3
Свинец Pb^{2+} , мг/л	53,5	—	—	—	—	—	1,3	0,8
Цинк Zn^{2+} , мг/л	50	0,15	—	0,15	4	7	—	0,15
	0,9	—	0,19	0,05	3,4	5,5	0,1	0,08
			—	—	21,5	36,4	1,4	1,36

Показатели	Сток					Сток		
	фабрики № 1 (общий)	фабрики № 2 (1-й)	фабрики № 2 (2-й)	фабрики № 1 и шахтных вод	из отстойников фабрики № 2	Хвостовые стоки фабрик № 1 и 2	после хвостохранилища	
							до хвостохранилища	после хвостохранилища
Крезол в пересчете на фенол, мг/л	24	1,16	5	0,56	—	—	7,1	1,4
Сосновое масло, мг/л	—	—	—	—	—	—	—	8,1
Ксантогенат, мг/л	1,1	0	8	0,2	—	—	0,6	0,2
Дитиофосфат, мг/л	1,5	0	—	0,36	—	—	1,84	1,0
Расход воды, м ³ /сутки	1900	2800	5000	21 120	4170	2000	25 000	25 000

Таблица 1-4

Характеристика сточных вод свинцово-цинковой обогатительной фабрики № 3

Показатели	Сливы со ступенчатого концентрата	Сток		Показатели	Сливы со ступенчатого концентрата	Сток	
		до хвостохранилища	после хвостохранилища			до хвостохранилища	после хвостохранилища
Цвет	Бесцветный	—	Бесцветный	Окисляемость по КМпО ₄ , мг О на 1 л	Сл.	170,3	65,3
Запах	Ксантогенатов и фенолов	—	Фенолов	Цианиды Сп, мг/л	0,6—2,5	—	6,9
Прозрачность, см	>25	—	>25	Железо общее Fe, мг/л	Сл.	—	0
рН	10,1	—	11,5	Медь Сu ²⁺ , мг/л	»	—	6,5
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	—	160 000	56	Свинец Рb ²⁺ , мг/л	—	28,4	21
				Фенолы, мг/л	5,6	—	—
				Крезолы, мг/л	14	—	—
				Ксантогенаты, мг/л	3000	—	—
				Расход воды, м ³ /сутки		—	6740

Характеристика сточных вод обогатительной фабрики № 4

Показатели	Сливы со сгустителей концентратов		Отвалыные хвостовые стоки фабрики		Общий сток		
	цинкового	медного и свинцового	до хвостохранилища			после хвостохранилища	перед сбросом в реку
			10	12	14		
Температура, °С	10	12	14	17	18	16	
Цвет	Мутновато-серый	Мутновато-серый	Серый	Мутноватый	Мутноватый	Мутновато-серый	
Запах	Без запаха						
Прозрачность, см	1,5	5,8	0	6	6	12	
pH	12,2; 12,2 *	11,3 (9,5); 11,3 *	11,8	11,2 (9,5); 11,2 *	11,2 (9,5); 11,2 *	11,3 (9,8)	
Щелочность, мг-экв/л	18,4	6	9,7	2,9	2,9	2,2	
Грубодисперсные примеси, мг/л:							
общие	226; 226 *	46; 46 *	157 000	42	42	51	
прокаленные	174	30	153 000	27; 42 *	27; 42 *	36	
потери при прокаливании	52	16	4 000	15	15	15	
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	0,06	0,03	45,2	Сл.	Сл.	0,02	
Сухой остаток, мг/л:							
общий	1190	1530	760	650	650	670	
прокаленный	760	1170	540	480	480	580	
потери при прокаливании	430	360	220	170	170	90	

Показатели	Следи со стужителей концентратов		Отвалыные стожки фабрик	Общий сток		
	цинкового	медного и свинцового		до хвосто-хранилища	после хвосто-хранилища	перед сбросом в реку
Окисляемость по КМпО ₄ , мг О на 1 л, в воде:						
натуральной	88	158	4320	4435	45,5	45,5
отстойной	27,5	144; 144 *	140	103; 103 *	43,9; 43 *	42
Кислород растворенный О ₂ , мг/л	—	—	—	—	—	6,93
Кальций Са ²⁺ :						
мг/л	464,5	250,1	220,1	634,6	147,2	144
мг-экв/л	23,2	12,5	11	31,7	7,4	7,2
Магний Mg ²⁺ :						
мг/л	8,7	7	6,1	2,2	6,1	4,6
мг-экв/л	0,72	0,6	0,5	0,18	0,5	0,4
Хлориды Cl ⁻ :						
мг/л	14,7	185,3	50,5	58,6	104,4	121,2
мг-экв/л	0,41	5,22	1,42	1,65	3	3,41
Сульфаты SO ₄ ²⁻ :						
мг/л	65,8	72,4	164,6	140	191	181
мг-экв/л	1,34	1,5	3,35	3,0	4,0	3,7
Цианиды CN, мг/л:						
свободные	(0,8)	(4,4)	—	—; 5,6 *	—; 4,6 *	—

Показатели	Сливы со сгустителей концентратов		Отвалынные хвостовые стоки фабрики	Общий сток		
	цинкового	медного и свинцового		до хвостовой хранилища	после хвостовой хранилища	перед сбросом в реку
связанные в комплекс в воде:						
отстойной	3,3 *	224; 229 *	2,7	—	—	4,5
фильтрованной	2,2 (2,2)	229 (200—250)	1,0 (0,98)	5,6 (16)	4,6 (12)	4,4 (0,4)
Медь Си, связанная в комплекс с Си, мг/л	11 (2,7) 2,7 *	274; 274 * (244—305)	4 (1,2)	10 (20); 10 *	13; —*	12,2
Роданиды CNS ⁻ , мг/л	—	—	—	—	—	13,4
Свинец Pb ²⁺ , мг/л	1,0; 1,0 *	0,06; 0,06 *	0,12	0,18; 0,18 *	0,12; 0,12 *	0,05
Цинк Zn ²⁺ , мг/л	0,3; 0,3 *	0,3; 0,3 *	—	0,3; 0,3 *	0,3; 0,3 *	—
Сосновое масло, мг/л	3,6; 3,6 *	6; 6 *	—	6; 6 *	5,8; 5,8 *	4,3
Крезол в пересчете на фенол, мг/л	2,7	3,7 (0,1—0,3)	3,7 (7,1)	3,5 (7,1); 3,5 *	1,8 (2,5); 1,8 *	1,3 (3,4)
Ксантогенаты, мг/л	1,5; 1,5 *	3,8; 3,8 *	0,45	0,56; 0,56 *	0,23; 0,23 *	† 0,23
Дитиофосфаты, мг/л	4,8; 4,8 *	6,5; 6,5 *	1,6	2; 2 *	1,2; 1,2 *	1,3
Расход воды, м ³ /сутки	415	420	5785	5370 (6620)	10 892	10 892

Примечание. В скобках приведены данные повторных анализов.

* Указаны данные из проектного задания института Механобр.

**Характеристика сточных вод свинцово-цинковых
обогажительных фабрик № 5 и 6**

Показатели	Общий сток после флотации	
	фабрика № 5	фабрика № 6
Температура, °С	9	—
Цвет	Бесцветные	Серый
Запах	Ксантогенатов и дитиофосфа- тов	Без запаха
Прозрачность, см	1	0
pH	7,4	11,3
Грубодисперсные примеси, мг/л:		
общие	67 200	46 260
прокаленные	64 000	44 330
потеря при прокаливании	3 200	1 930
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	18	10
Сухой остаток, мг/л:		
общий	550	540
прокаленный	430	390
потеря при прокаливании	120	150
Окисляемость по KMnO_4 , мг О на 1 л, в воде:		
натуральной	—	1152
фильтрованной	26	33,6
Хлориды Cl^- :		
мг/л	7,8	—
мг-экв/л	0,21	—
Сульфаты SO_4^{2-} :		
мг/л	295	—
мг-экв/л	6	—
Цианиды CN, мг/л:		
свободные	—	0,3
связанные в комплекс	1,7	3,84
Медь Cu, связанная в комплекс с CN, мг/л	4	4,7
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0	—
Цинк Zn^{2+} , мг/л	4,2	—
Ксантогенаты, мг/л	2,7	0,35
Дитиофосфаты, мг/л	0,4	—

**Характеристика сточных вод свинцово-цинковой
обогащительной фабрики № 9**

Показатель	Сток после вакуум-фильтров
Температура, °С	1,0
Цвет	Бесцветный
Запах	Ксантогенатов
Прозрачность, см	0
pH	7,9
Щелочность, мг-экв/л	1,1
Грубодисперсные примеси, мг/л:	
общие	7600
прокаленные	4600
потеря при прокаливании	3000
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	2
Сухой остаток, мг/л:	
общий	104
прокаленный	72
потеря при прокаливании	32
Окисляемость по KMnO_4 , мг O на 1 л	71
Хлориды Cl^- :	
мг/л	4,2
мг-экв/л	0,12
Сульфаты SO_4^{2-} :	
мг/л	21
мг-экв/л	0,43
Цианиды CN, мг/л:	
свободные	0
связанные в комплекс	1,0
Медь Cu связанная в комплекс с CN, мг/л	0,08
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,05
Цинк Zn^{2+} , мг/л	0
Крезол в пересчете на фенол, мг/л	2
Ксантогенат, мг/л	4,4

**Характеристика сточных вод свинцово-цинковой
обогащительной фабрики № 10**

Показатели	Хвостовые стоки после флотации перед сбросом в реку	Фильтрат концентрата		Сумма фильтратов перед зумпфом
		цинкового	свинцового	
Цвет	Желто-серый			Серый
Запах	Ксантогенатов и крезола			Слабый крезола
Прозрачность, см	0	2	7	2,2
pH	7,9	7,7	7,7	7,6
Щелочность, мг-экв/л	2	2	1,2	1,6
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	141 200	196	55	166
прокаленные	122 300	184	45	166
потеря при прокаливании	18 900	12	10	0
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	30,4	0,08	0,04	0,07
Сухой остаток, мг/л:				
общий	770	360	420	240
прокаленный	530	240	240	180
потеря при прокаливании	240	120	180	60
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:				
натуральной	3800	92	85	58
фильтрованной	73	42	65	19
Хлориды Cl^- :				
мг/л	15,1	15,1	—	5
мг-экв/л	0,42	0,42	—	0,14
Цианиды CN , мг/л:				
свободные	1,0	0,3	2,3	0,2
связанные в комплекс	2,26	1,32	9,85	0,43
Медь Cu , связанная в комплекс с CN , мг/л	2,76	1,62	11,9	0,53
Свинец Pb^{2+} , мг/л	4,2	7,1	0,5	1,8
Крезол в пересчете на фенол, мг/л	19,4	6	2,7	0,12
Ксантогенат, мг/л	0,1	0,3	0,1	0,2
Расход воды, $m^3/сутки$	6920	60—127	180—288	720—1440

Характеристика сточных вод свинцово-цинковой обогатительной фабрики № 12

Показатели	Сливы со сгустителей концентрата		Хвостовой сток до хвостохранилища по данным		Хвостовой сток после хвостохранилища по данным	
	свинцового	цинкового	Механобра	ВНИИ ВОДГЕО	Механобра	
					1-й анализ	2-й (повторный) анализ
Температура, °С	—	—	—	20	—	20
Цвет	—	—	—	Серый	—	Желтоватый
Запах	—	—	—	Непродельенный	—	Без запаха
Прозрачность, см	—	—	—	—	—	—
pH	—	—	7,2—8,4	8,7—9 1,25—1,4	7,4—8,4	8,2 1,3
Щелочность, мг-экв/л	—	—	—	—	—	—
Грубодисперсные примеси, общие, мг/л	—	—	135 000— 248 000	162 000— 205 000 404—834	52—300	30
Сухой остаток общий, мг/л	—	—	—	—	—	720
Сероводород H ₂ S, мг/л	—	—	—	—	—	—
Окисляемость по KMnO ₄ , мг O на 1 л	3,3	5,3	—	4,1	—	—
Цианиды общие CN, мг/л	—	0,5	1,24—1,9	—	—	—
Медь Cu ²⁺ , мг/л	0,9	0,2	1,2	6,3—8,2	0,5	3,5
Свинец Pb ²⁺ , мг/л	0,54	0,11	1,3—1,7	8—10	2,5	10,4
Цинк Zn ²⁺ , мг/л	1,84	3,06	2,5—3,8	1,1—7,9	1,4	1,7
Роданиды CNS, мг/л	—	—	—	0—25,6 12,7—18	—	0,48
Крезол в пересчете на фенол, мг/л	—	—	58—100	—	—	16,5
Ксантогенаты, мг/л	—	—	—	0	19	0
Дитиофосфаты, мг/л	—	—	—	0,8—1,5	0,03	1,4
Расход воды, м ³ /сутки	—	—	—	—	36 700	—

Характеристика сточных вод обогатительных фабрик № 14 и 15

Показатели	Общий сток фабрики № 14		Общий сток фабрики № 15	
	до хвостохра- нилища	после хвосто- хранилища	до хвосто- хранилища	после хвосто- хранилища
рН	—	11,2	—	9,9
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	170 000	—	170 000	—
Окисляемость по КМnO ₄ , мг O на l	—	106,8	—	107
Цианиды общие CN, мг/л	—	(2,6); 21,5	—	(3,9); 1,25
Медь Cu ²⁺ , мг/л	—	(4,33); 37,2	—	(7,25); 0,2-7,2
Свинец Pb ²⁺ , мг/л	—	0	—	0
Цинк Zn ²⁺ , мг/л	—	(0,87); —	—	(2,08); 2,0
Фенолы, мг/л	—	(120); 31	—	(16); 53
Ксантогенаты, мг/л	—	12	—	1,0
Расход воды, м ³ /сутки	—	(1500)	—	(3800)

П р и м е ч а н и е. В скобках приведены данные института Механобр.

Таблица 1-11

Характеристика сточных вод свинцово-цинковой обогатительной фабрики № 17

Показатели	Слив со сгустителей концентрата						Общий сток		Фильтрат после хвостохранилища
	цинкового	свинцового	смешанного	прир-ного	медного	после хвостохранилища			
						до хвостохранилища	после хвостохранилища		
Температура, °С	17	16	17	—	20	20	—	14	
Цвет	Мутновато-серый			—	Мутновато-серый	Мутный	—	Бесцветный	
Запах	Флого-реагентов (слабый)	Без запаха	Флого-реагентов (слабый)	—	Флотореагентов (слабый)		—	Без запаха	
Прозрачность, см	4,2	6	5,5	—	3	0	—	>30	
pH	8,3 (8)	8,2 (8)	8,2	—	9,2 (8)	9 (9)	7,8	7,3	
Щелочность, мг-экв/л	4,3	4,3	4,1	—	13 (13)	2,3	—	3,4	
Грубодисперсные примеси, мг/л:									
общие	194	89	41	5454	139	46 800 (46 800)	—	0	
прокаленные	166	77	38	—	—	44 900	—	—	
потеря при прокаливании	28	12	3	—	—	1 900	—	—	
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	0,04	0,03	0,03	—	0,06	1,2	—	—	
Сухой остаток, мг/л:									
общий	420	308	340	—	2490	630	—	580	
прокаленный	276	248	300	—	1980	532	—	516	

Показатели	Слив со сульфителер концентрата					Общий сток		Фильтрат после хвосто-хранилища
	цинкового	свинцового	смешанного	нитритного	медного	до хвосто-хранилища	после хвосто-хранилища	
потеря при прокаливания	144	60	40	—	510	98	—	64
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:	142 (153,6)	20,3 (37,4)	16,4	175	130 (695,2)	461	148	19,4
натуральной	11	5,6	8,3	—	119	61,4	—	—
отстоянной						(61—210)		
Хлориды Cl^- :								
мг/л	7,9	5,3	10,4	—	198	21	—	25
мг-экв/л	0,22	0,15	0,3	—	5,6	0,6	—	0,7
Сульфаты SO_4^{2-} :								
мг/л	56	46	64	—	540	234	—	193
мг-экв/л	1,14	0,94	1,3	—	10,9	4,7	—	3,9
Бикарбонаты HCO_3^- :								
мг/л	195,2	262,3	250,1	—	793	140,3	—	207,4
мг-экв/л	3,2	4,3	4,1	—	13	2,3	—	3,4
Цианиды CN, мг/л:								
свободные	0	0	0	—	101	0	—	0
связанные в комплекс	0	0	0	2,92	164	0	—	0
	(0,97—21,4)	(0,32—1,62)			(276—358)			

Продолжение табл. 1-11

Показатели	Слив со ступицелей концентрата						Общий слив		Фильтрат после хвостохранилища
	циркового	свицво-вого	смешанного	пиритного	медного	после хвостохранилища			
						до хвостохранилища	после хвостохранилища		
Медь Cu, связанная в комплекс с CN, мг/л	0 (0,8—26,7)	0 (5,8—8,4)	0	2,16	200 (116—261)	0	0 (0,1—10,5)	0	
Цинк Zn, связанный в комплекс с CN, мг/л	—	—	—	0,14	—	—	—	—	
Медь Cu ²⁺ , мг/л	0,14	0,23	0,65	—	0	15 (12,2)	(7,6)	0	
Свинец Pb ²⁺ , мг/л	0,15 (0,8—2,9)	0,45 (0,64—9,7)	0,45	0,31	0,23 (0,02—1,0)	0,23 (1,1)	(0,5)	0,25	
Цинк Zn ²⁺ , мг/л	0,8 (0,47—3,3)	0,85 (0,47—2,3)	0,8	—	6,45 (0,9—1,9)	—	(0,8)	—	
Сосновое масло, мг/л	18	25	40	—	36	44,4 (44,4)	(40)	40	
Крезол в пересчете на фенол, мг/л	0,13 (0,34—4,4)	0,13 (0,21—0,43)	0,44	—	25 (23,5—45)	24,2 (24,2)	(2,4)	2,9	
Қсантогенаты, мг/л	0,48	0,36	0,2	—	0,8	11 (11)	(0,8—2,4)	0,36	
Дигиофосфаты, мг/л	0,2	0,2	0,1	—	0,2	5 (5)	(0,3)	0,3	
Расход воды, м ³ /сутки	1080	1980	—	470	312	23 600	—	—	

Примечание. В скобках приведены данные института Механобр.

Характеристика сточных вод свинцово-цинковых обогатительных фабрик № 19 и 20

Показатели	Сливы со ступеней концентрата					
	медного и свинцового фабрики № 19	свинцового фабрики № 19	свинцового фабрики № 20	медного фабрики № 20	цинкового фабрики № 19	цинкового фабрики № 20
Цвет	Серый	Мутно-сероватый	Серый	Серый	Бесцветная	Серый
Запах	Сероводорода	Крезола	Соснового масла	Ксантогенатов	Крезола	Ксантогенатов
Прозрачность, см	0,5	—	10,5	5,7	>25	7,3
pH	8,2	7,5	8,4	7,2	8	8,4
Щелочность, мг-экв/л	14	0,8	8,2	0,6	2	2,6
Грубодисперсные примеси, мг/л:						
общие	470	1700	60	86	270	94
прокаленные	340	—	24	48	—	44
потеря при прокаливании	130	—	36	38	—	50
Сухой остаток, мг/л:						
общий	1590	360	1370	260	310	390
прокаленный	1360	—	1030	180	—	260
потеря при прокаливании	230	—	340	80	—	130

Показатели	Сливы со ступителей концентрата					
	медного и свинцового фабрики № 19	свинцового фабрики № 19	свинцового фабрики № 20	медного фабрики № 20	цинкового фабрики № 19	цинкового фабрики № 20
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:						
натуральной	254	15,6	138	7,7	21,6	16,1
отстоянной	—	12,8	—	—	12,8	—
Сероводород H_2S , мг/л	971	—	11,6	15,6	—	33
Сульфаты SO_4^{2-} :						
мг/л	800	—	290	96	—	67,3
мг-экв/л	16,3	—	5,8	2	—	1,4
Цианиды CN, мг/л:						
свободные	0,85	—	—	—	—	—
связанные в комплекс	0,96	—	—	—	—	—
Медь Cu, связанная в комплекс с CN, мг/л	0,88	2,4	220	1,2	3,4	1,2
Роданиды CNS^- , мг/л	1,2	—	37,5	2,5	0,15	1,6
Железо общее Fe, мг/л	—	0	1,1	1,1	1,0	1,4
Медь Cu^{2+} , мг/л	—	150	—	—	Сл.	—
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,05	0,1	—	0,76	2,3	1,2
Цинк Zn^{2+} , мг/л	Сл.	4,6	Сл.	0,54	0,36	0,61
Мышьяк As, мг/л	0,35	0,6	0,02	0,05	—	Сл.
Сосновое масло, мг/л	29	—	26,5	17	—	30
Крезол в пересчете на фенол, мг/л	0,26	6,26	0,24	0,18	—	0,25
Ксантогенаты, мг/л	3,4	0,1	0,2	Сл.	21	Сл.
Расход воды, м ³ /сутки	42	—	51—160	13	0,1	53

**Характеристика сточных вод свинцово-цинковых
обогащительных фабрик № 19 и 20**

Показатели	Хвостовые стоки фабрики	
	№ 19	№ 20
Цвет	Серый	Черный
Запах	Ксантогенатов	Соснового масла
Прозрачность, см	0	0
pH	8,2—10,4	8,4
Щелочность, мг-экв/л	2,8	9
Грубодисперсные примеси, мг/л:		
общие	373 300	173 300
прокаленные	357 300	161 800
потеря при прокаливании	16 000	11 500
Сухой остаток, мг/л:		
общий	880	1720
прокаленный	690	1380
потеря при прокаливании	190	340
Окисляемость по KMnO_4 в натуральной воде, мг O на 1 л	48,4	207,6
Сероводород H_2S , мг/л	0	180
Сульфаты SO_4^{2-} :		
мг/л	349	389
мг-экв/л	7,1	7,9
Цианиды CN, связанные в комплекс, мг/л	12,5	19,3
Медь Cu, связанная в комплекс с CN, мг/л	13,7	0,7
Роданиды CNS^- , мг/л	15,7	21
Свинец Pb^{2+} , мг/л	2,4	0,9
Цинк Zn^{2+} , мг/л	1,1	1,5
Мышьяк As, мг/л	0,03	0,2
Сосновое масло, мг/л	11	15
Крезол в пересчете на фенол, мг/л	0,12	0,13
Ксантогенаты, мг/л:		
свободный	Сл.	0
связанный с медью	38,4	1,96
Расход воды, м ³ /сутки	2450—2750	300—350

Характеристика сточных вод свинцово-цинковой обогатительной фабрики № 21

Показатели	Флотация окисленных руд		Флотация сульфидных руд			
	фильтрат после ступенчатого центрата	хвостовой сток	фильтрат свинцового концентрата	фильтрат цинкового концентрата	фильтрат пиритного концентрата	хвостовой сток
Температура, °С	15	15	—	—	—	—
Цвет	Молочно-желтый	Боготный	—	Бесцветная	—	Сероватый
Запах	—	—	—	Соснового масла	—	—
pH	10,1	9,7	9	9	9	11,2
Щелочность, мг-экв/л	31,8	24,8	3,1	1,5	1,2	—
Грубодисперсные примеси, мг/л	—	—	—	—	—	—
общие	—	143	—	—	—	102
прокаленные	—	—	—	—	—	97
потеря при прокаливании	—	—	—	—	—	5
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	—	7,5	—	—	—	13
Сухой остаток, мг/л:						
общий	1230	1050	640	460	420	420
прокаленный	—	—	350	360	350	340
потеря при прокаливании	—	—	290	100	70	80
Окисляемость по KMnO ₄ , мг O на 1 л, в воде:						
натуральной	29,6	26,4	24,9	37,9	38,4	38,4
отстоянной	8,8	9,6	17,5	25,6	25,3	25,3
Нитриты NO ₂ ⁻ :	—	—	—	—	—	—
мг/л	—	—	—	—	—	2,3
мг-экв/л	—	—	—	—	—	0,05

Показатели	Флотация окисленных руд		Флотация сульфидных руд			
	Фильтрат после су- щения кон- центра	хвостовой сток	Фильтрат свинцового концент- рата	Фильтрат цинкового концент- рата	Фильтрат пиритного концент- рата	хвостовой сток
Нитраты NO ₃ ⁻ :						
мг/л	—	—	0,05	0,05	0,05	0,08
мг-экв/л	—	—	0,001	0,001	0,001	0,001
Серя общая S, мг/л	75,7	79	42,5	75,3	67,2	76,8
Кальций Са ²⁺ :						
мг/л	—	—	68,1	79,4	63,2	70,1
мг-экв/л	—	—	3,34	3,96	3,15	3,3
Магний Mg ²⁺ :						
мг/л	—	—	50,8	1,2	2,3	1,3
мг-экв/л	—	—	4,18	0,1	0,19	0,11
Сульфаты SO ₄ ²⁻ :						
мг/л	128	177	109	172	157	170
мг-экв/л	2,66	3,69	2,27	3,58	3,27	3,54
Кремнекислота SiO ₂ , мг/л	—	—	4,5	3,2	3,7	2,6
Цианиды CN, мг/л	—	—	1,4—2,7	0,8—0,9	0,3—2,1	2,2
Роданиды CNS ⁻ , мг/л	—	—	1,2—3	2—3	0,1—1,6	0,8
Алюминий Al ³⁺ , мг/л	—	—	7,5	4	4,6	3
Железо общее Fe, мг/л	30,8	42	—	—	—	—
Медь Cu ²⁺ , мг/л	0,1	0,06	0	0,06	0,4—2,3	1,9
Свинец Pb ²⁺ , мг/л	—	3,4	1	0,6	0,6	1
Цинк Zn ²⁺ , мг/л	—	—	1,2	0,34	—	0,66
Сосновое масло, мг/л	—	—	—	—	—	2—3
Расход воды, м ³ /сутки	—	2500	—	100	—	3600

Характеристика сточных вод обогатительной фабрики № 22

Показатель	Сливы со сгустителей концентрата	Хвостовой сток
Цвет	Бесцветная	
Запах	Соснового масла	
pH	7,8	8
Щелочность, мг-экв/л	3,3	3,45
Грубодисперсные примеси, мг/л:		
общие	—	49 500
прокаленные	—	38 800
потеря при прокаливании	—	10 700
Сухой остаток, мг/л:		
общий	416	478
прокаленный	300	380
потеря при прокаливании	116	98
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:		
отстоенной	16,3	16,3
фильтрованной	12,2	16,3
БПК ₅ , мг/л O на 1 л	25	32
Сероводород H_2S , мг/л	1,9	1,9
Сульфаты SO_4^{2-} :		
мг/л	130,2	162,5
мг-экв/л	2,71	3,38
Карбонаты CO_3^{2-} :		
мг/л	0	сл.
мг-экв/л	—	—
Бикарбонаты HCO_3^- :		
мг/л	204	207
мг-экв/л	3,3	3,45
Цианиды простые и комплексные CN, мг/л	0	0
Роданиды CNS^- , мг/л	1,4	1,95
Железо общее Fe, мг/л	1,4	1,4
Медь Cu^{2+} , мг/л	1	3
Свинец Pb^{2+} , мг/л	<0,1	0,8
Цинк Zn^{2+} , мг/л	3,2	5,6
Мышьяк As, мг/л	0,05	0,08
Расход воды, м ³ /сутки	300	2960

Характеристика сточных вод свинцово-цинковой
обогащительной фабрики № 23

Показатели	Хвостовой сток после флотации		Сливы со сгустителей свинцово- цинкового концен- трата	Общий сток	
	бари- товой	цинковой		до хвосто- хранили- ща	после хвосто- хранили- ща
Цвет	Мутный светло-серый		—	Мутный светло- серый	—
Запах	Ксанто- генатов, нафте- новых кислот	Без запаха	—	Ксанто- генатов, нафте- новых кислот	—
pH	—	—	11	9,6—10	9,6—10
Щелочность, мг-эке/л	2,1	1,6	—	1,0	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:					
общие	279 000	6200	—	66 000	614
прокаленные	271 870	6200	—	—	—
потеря при прокалива- нии	7 300	0	—	—	—
Сухой остаток, мг/л:					
общий	876	213	—	266	—
прокаленный	670	147	—	186	—
потеря при прокалива- нии	206	66	—	80	—
Окисляемость по KMnO_4 , мг О на 1 л, в воде:					
отстоянной	51,2	5,6	—	1080	621
фильтрованной	48	4,9	—	16,0	—
Азот аммонийный NH_4^+ :					
мг/л	—	—	—	0,83	—
мг-эке/л	—	—	—	0,05	—
Сульфаты SO_4^{2-} :					
мг/л	—	—	—	34,7	—
мг-эке/л	—	—	—	0,72	—
Цианиды общие CN, мг/л	—	—	1,0	0,85	0,78
Медь Cu^{2+} , мг/л	—	—	0,4	—	2,0
Свинец Pb^{2+} , мг/л	—	—	8,0	2,11	1,63
Цинк Zn^{2+} , мг/л	—	—	29,9	16,0	16
Сосновое масло, мг/л	—	—	—	—	14
Ксантогенаты, мг/л	—	—	2,21	7	7
Расход воды, м ³ /сутки	—	—	—	5000	—

Таблица I-17

**Характеристика сточных вод свинцово-цинковой
обогащительной фабрики № 24**

Показатели	Сливы со сгустителей свинцово-цинкового концентрата	Хвостовой сток	
		до хвостохранилища	после хвостохранилища
рН	7,9	7,2	8
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	—	200 000	—
Окисляемость по $KMnO_4$, мг О на 1 л	52	44	32
Цианиды общие CN, мг/л	1,3	—	1,11
Медь Cu^{2+} , мг/л	1,5	1,0	0,7
Свинец Pb^{2+} , мг/л	1,1	0,8	0,54
Цинк Zn^{2+} , мг/л	—	—	—
Сосновое масло, мг/л	4	—	10
Фенолы, мг/л	3,8	19,2	7,68
Ксантогенаты, мг/л	0,12	—	0,68
Дитиофосфаты, мг/л	—	—	—

Таблица I-18

**Характеристика сточных вод свинцово-цинковой
обогащительной фабрики № 25**

Показатели	Хвостовой сток	
	до хвостохранилища	после хвостохранилища
рН	—	8,3
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	—	158
Окисляемость по $KMnO_4$, мг О на 1 л	—	86,3
Цианиды общие CN, мг/л	—	28,3
Медь Cu^{2+} , мг/л	—	3,8
Свинец Pb^{2+} , мг/л	—	2,4
Сосновое масло, мг/л	—	1,5
Фенолы, мг/л	—	1,2
Ксантогенаты, мг/л	—	0,05

**Характеристика сточных вод свинцово-цинковой
обогащительной фабрики № 26**

Показатели	Хвостовой сток	
	до хвосто- хранилища	после хвосто- хранилища
pH	7,9	7,5
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	—	147
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	16,4	12,9
Цианиды общие CN, мг/л	2,6	1,9
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,8	0,24
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,06	0,06
Цинк Zn^{2+} , мг/л	14,3	6,5
Фенолы, мг/л	23,1	19,3
Ксантогенаты, мг/л	0,18	0,12

**Характеристика сточных вод свинцово-цинковой
обогащительной фабрики № 27**

Показатели	Хвостовой сток	
	до хвосто- хранилища	после хвосто- хранилища
pH	8,4	8,1
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	—	52
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	17,5	15,5
Цианиды общие CN, мг/л	3,4	2,4
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,7	0,4
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,06	0,06
Цинк Zn^{2+} , мг/л	8,6	7,8
Фенолы, мг/л	13	—
Ксантогенаты, мг/л	0,1	0,05

Таблица I-21

**Характеристика сточных вод свинцово-цинковой
обогащительной фабрики № 28**

Показатели	Хвостовой сток	
	до хвосто- хранилища	после хвосто- хранилища
рН	8,3	7,8
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	—	14
Окисляемость по $KMnO_4$, мг О на 1 л	17,2	7,6
Цианиды CN, мг/л	0,16	0,16
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,04	—
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,12	—
Цинк Zn^{2+} , мг/л	7	—
Фенолы, мг/л	26,1	7,8
Ксантогенаты, мг/л	0,1	—

Таблица I-22

**Характеристика сточных вод свинцово-цинковой
обогащительной фабрики № 29**

Показатели	Хвостовой сток	
	до хвосто- хранилища	после хвосто- хранилища
рН	—	8,9
Медь Cu^{2+} , мг/л	—	0,2
Свинец Pb^{2+} , мг/л	—	0,2
Цинк Zn^{2+} , мг/л	—	0,4
Фенолы, мг/л	—	1,3
Ксантогенаты, мг/л	—	1,6

**Характеристика сточных вод свинцово-цинковой
обогащительной фабрики № 30**

Показатели	Хвостовой сток после гравита- ции и хвостовые стоки после свинцово-цинко- вой флотации	Общий сток	
		до хвосто- хранилища на выходе с фабрики	после хвос- тохранили- ща при апа- дений в реку
Температура, °С	1,2	1	0
Цвет	Бесцветный		
Запах	Ксантогенатов		
Прозрачность, см	0	0	0
pH	9,2	8,5	7,0
Щелочность, мг-экв/л	1,3	1,5	0,8
Грубодисперсные примеси, мг/л:			
общие	17 000	7100	—
прокаленные	12 700	5500	—
потеря при прокаливании	4 300	1600	—
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	16	3	0,3
Сухой остаток, мг/л:			
общий	112	88	104
прокаленный	88	48	64
потеря при прокаливании	24	40	40
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	27	44	11
Хлориды Cl^- :			
мг/л	5,2	4,1	—
мг-экв/л	0,15	0,11	—
Сульфаты SO_4^{2-} :			
мг/л	23	—	32
мг-экв/л	0,47	—	0,65
Цианиды CN, мг/л:			
свободные	1,5	—	1,4
связанные в комплекс	1,0	0,05	0,03
Медь Cu, связанная в комплекс с CN, мг/л	0,12	0,06	0,04
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,05	0,05	0,05
Цинк Zn^{2+} , мг/л	0	0	0
Крезол в пересчете на фенол, мг/л	3,2	2,3	0,6

Характеристика сточных вод свинцово-цинковой обогатительной фабрики № 31

Показатели	Стоки после гравитации и флотации		Общий сток	
	до хвостохранилища	после хвостохранилища	на выводе с фабрики	при впадении в реку
Температура, °С	—	—	11	0
Цвет	Серый	Сероватый	Бесцветный	
Запах	Соснового масла	Ксантогенатов (слабый)	Ксантогенатов и дитиофосфатов	
Прозрачность, см	0	1	2	3
pH	9,3	8,7	7,4	7,2
Щелочность, мг-экв/л	0,8	0,7	1,8	1,5
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	44 030	200	62 800	11 700
прокаленные	42 940	170	59 800	10 700
потеря при прокаливании	1 090	30	3 000	1 000
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	10,8	—	23	42
Осадок после 2-ч отстаивания, мг/л	—	—	14	16
Сухой остаток, мг/л:				
общий	290	430	530	460
прокаленный	220	310	440	390
потеря при прокаливании	70	120	90	70
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:				
натуральной	12,8	17,6	—	—
отстоянной	—	—	14,5	5,4
фильтрованной	8,64	13,0	—	—
Хлориды Cl^- :				
мг/л	22	13	6	5,7
мг-экв/л	0,62	0,37	0,17	0,16
Сульфаты SO_4^{2-} :				
мг/л	—	—	294	242
мг-экв/л	—	—	6,0	5,0
Цианиды CN, мг/л:				
свободные	0,1	0,07	0,6	0,2
связанные в комплекс	1,24	2,52	2,3	0,6
Медь Cu, связанная в комплекс с CN, мг/л	1,56	3,10	1,40	0,4
Свинец Pb^{2+} , мг/л	1,8	0,4	0	0
Цинк Zn^{2+} , мг/л	—	—	—	0,5
Ксантогенаты, мг/л	0,1	—	2	1,6
Дитиофосфаты, мг/л	—	—	0,3	0,2
Расход воды, м ³ /сутки	—	—	2470	2470

Характеристика сточных вод свинцово-цинковой обогатительной фабрики № 32

Показатели	Хвостовой сток после гравитации	Общий сток до хвостохранилища		Общий сток после хвостохранилища	
		1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1-й анализ	2-й (повторный) анализ
Температура, °С	4	3	—	—	—
Цвет	Бесцветная		Темносерый	Желтый	Голубоватый
Запах	Фенола		Флото-реакентов	Неопределенный (слабый)	Крезола
Прозрачность, см	0	0	0	0	3,5
pH	8,3	8,2	6,9	6,5	7,9
Щелочность, мг-экв/л	1,2	1,2	—	—	1,5
Губодисперсные примеси:					
общие	23 900	—	—	25	42
прокаленные	22 300	—	—	—	36
потеря при прокаливании	1 600	—	—	—	6
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	28	20	—	—	—
Сухой остаток, мг/л:					
общий	190	—	169	148	228
прокаленный	120	—	—	—	184
потеря при прокаливании	70	—	—	—	44
Окисляемость по KMnO_4 , мг O на 1 л, в воде:					
натуральной	48	42	578	10,3	11,4
фильтрованной	—	—	21,4	—	11
Хлориды Cl^- :					
мг/л	4,2	—	—	—	—
мг-экв/л	0,12	—	—	—	—
Сульфаты SO_4^{2-} :					
мг/л	82	67	—	—	—
мг-экв/л	1,67	1,36	—	—	—
Цианиды CN , мг/л:					
свободные	0	1,7	0,5	0,72	0
связанные в комплекс	1,7	0,8	—	—	—
Медь Cu , связанная в комплекс с CN , мг/л	0,1	0,3	—	—	—
Цинк Zn , связанный в комплекс с CN , мг/л	0,4	0,4	8,0	—	—
Медь Cu^{2+} , мг/л	—	—	0,17	0	0,2
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0	0	0	0	0,4
Крезол в пересчете на фенол, мг/л	69	35	—	—	2,9
Ксантогенат, мг/л	0,8	0,8	0	0,7	0,03

Характеристика сточных вод медной обогатительной фабрики № 1

Показатели	Слив со сгустителей пиритного концентрата перед флотацией	Хвостовые стоки после пиритной флотации	Фильтрат пиритного концентрата	Сливы со сгустителей концентрата		
				цанкового	пиритного	медного
Температура, °С	8	3	10	5,6	9	6,4
Цвет	Полупрозрачный, черный, Ароматический	Темный	Черный	Бесцветный	Черный	Черноватый
Запах		Без запаха	Фло-реагентов	Фло-реагентов (слабый)	Фло-реагентов	Фло-реагентов (слабый)
Прозрачность (визуально)	Мутная	Мутная	Очень мутная	Прозрачная	Очень мутная	Мутная
pH	11,7	10,5	11,8	11,6	11,7	11,1
Щелочность, мг-экв/л	29	1,3	30	39,5	32,5	3,8
Грубодисперсные примеси, мг/л:						
общие	8720	21 240	27 080	34	55 970	124
прокаленные	6840	19 830	19 990	25	43 390	124
потеря при прокаливании	1880	1 410	7 090	9	12 580	0
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	1,8	3	2,2	0	10,2	Сл.
Сухой остаток, мг/л:						
общий	1750	620	1760	2300	2180	1100
прокаленный	1340	490	1340	1640	1620	860
потеря при прокаливании	410	130	420	660	560	240
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:						
натуральной	370	2120	31 620	23 300	73 220	7440
отстоенной	74	40	120	96	106	80

Показатели	Слив со ступеней пиритного концентрата перед флотацией	Х востовые стоки после пиритной флотации	Фильтрат пиритного концентрата	Сливы со ступеней концентрата		
				цинкового	пиритного	медного
Кальций Ca²⁺:						
мг/л	772	142	752	1042	780	288
мг-экв/л	38,6	7,1	37,6	52,1	39	14,4
Хлориды Cl⁻:						
мг/л	53	78	13	23	85	23
мг-экв/л	1,5	2,2	0,4	0,7	2,4	0,7
Сульфаты SO₄²⁻:						
мг/л	248	246	302	132	268	403
мг-экв/л	5,2	5,2	6,3	2,7	5,6	8,4
Цианиды общие CN, мг/л	—	—	0,33	0	0,16	3,41
Железо общее Fe в отстоенной воде, мг/л	0,3	0,2	0,35	0,3	0,3	0,3
Медь Cu²⁺, мг/л, в воде:						
отстоенной	0,37	0,32	0,2	0,7	0,1	2,8
фильтрованной	0,15	0,16	0	0,1	0,1	2,2
Цинк Zn²⁺, мг/л, в воде:						
отстоенной	1,44	0,44	2,40	2,6	3,5	—
фильтрованной	1,28	0,1	1,95	2,6	2,1	1,1
Пиритины, мг/л	—	0,08	—	0,03	—	0,02
Ксантогенаты, мг/л	0,32	Сл.	0,6	0,3	1,51	2,6
Расход воды, м ³ /сутки	4700	1370	880	500	19 400	7350

Таблица I-27

Характеристика сточных вод медной обогатительной фабрики № 1

Показатели	Общий сток			
	до хвостохранилища	после хвостохранилища	при впадении в реку	
			1-й анализ	2-й (повторный) анализ
Температура, °С	7	3	3	—
Цвет	Почти черный	Бесцветный	Желтоватый	
Запах	Флого-реагентов	Флотореагентов (слабый)	Флогореагентов (слабый)	
Прозрачность (визуально)	Мутная	Прозрачная	Мутная	Прозрачная
pH	11,5	11,2	11,3	11,7
Щелочность, мг-экв/л	29	21	21	9
Жесткость общая, мг-экв/л	—	21	21,9	22,0
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	44 250	20	178	31
прокаленные	34 690	6	122	24
потеря при прокаливании	9 560	14	56	7
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	8	—	3,2	0,07
Сухой остаток, мг/л:				
общий	1950	1580	1350	1420
прокаленный	1370	1460	1170	1120
потеря при прокаливании	580	120	180	300
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:				
натуральной	33 280	—	246	84
отстоянной	101	—	113	—
Кальций Ca^{2+} :				
мг/л	684	400	415	334
мг-экв/л	34,2	20	20,7	18,2
Магний Mg^{2+} :				
мг/л	—	10	14	46
мг-экв/л	—	0,8	1,2	3,8
Хлориды Cl^- :				
мг/л	24,1	17	17	14
мг-экв/л	0,7	0,5	0,5	0,4
Сульфаты SO_4^{2-} :				
мг/л	264	400	374	344
мг-экв/л	5,5	8,4	7,8	7,2
Цианиды общие CN, мг/л	0,73	0	0	0
Железо общее Fe, мг/л	0,35	0,1	0,1	0,53
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:				
отстоянной	0,67	0,8	0,6	0,16
фильтрованной	0,43	0,15	0,15	0,1
Цинк Zn^{2+} , мг/л, в воде:				
отстоянной	—	0,8	0,6	0,26
фильтрованной	2,3	0,4	0,05	0,16
Пиридин, мг/л	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0
Ксантогенаты, мг/л	1,6	0,8	2,8	0,06
Расход воды, м ³ /сутки	32 000	35 000	36 000	—

Таблица 1-28

Характеристика сточных вод медной обогатительной фабрики № 2

Показатели	Хвостовые стоки после флотации		Сливы со сгустителей концентрата	
	медной	цинковой	медного	цинкового
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	320 000	275 000	—	—
Окисляемость по $KMnO_4$ на холоду, мг O на 1 л	—	65,5	—	—
Цианиды общие CN, мг/л	15,4	9,2	3,1	1—1,5

Таблица 1-29

Характеристика сточных вод медной обогатительной фабрики № 3
(общий сток перед хвостохранилищем)

Показатели	При работе всех секций фабрики		При работе секций	
	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	2-й и 3-й	3-й и 4-й
Температура, °C	20	20	23	23
Цвет	—	Глинистый		Серый
Запах	Неопределенный			Сероводорода
pH	5,3	5,9	9,8	11,6
Щелочность, мг-экв/л	0,2	0,25	1,3	18,4
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	—	136 900	96 560	81 930
Сухой остаток общий, мг/л	15 330	5 178	1 914	2 492
Сероводород H_2S (визуально)	—	—	—	Очень много
Железо общее Fe (качественно)	—	Много	—	—
Медь Cu^{2+} , мг/л	52	9,5	0,8	0
Свинец Pb^{2+} , мг/л	7,15	6,25	0,79	0
Цинк Zn^{2+} , мг/л	2,78	5,34	0	30,4
Фенолы, мг/л	3,4	2,5	2,6	6,6
Ксантогенаты, мг/л	0	0	0	2,2
Дитиофосфаты, мг/л	3,36	1,38	4,62	30,3

Характеристика сточных вод медно-молибденовой обогатительной фабрики № 1

Показатели	Хвостовой сток основной молибденовой флотации		Слив со сгустителей концентрата		Общий сток	
	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	медного	медиле-нового	до хвосто-хранилища	после хвостохра-нилища
	Температура, °С	9	—	11	11	11
Запах	Керосина		Ксантоге-натов и чесночка	Ксантогенатов (слабый)		Без запаха
Прозрачность, см	—	0	0	3,5	0	0
pH	10	8,3	12,1	12	10,1	10,1
Щелочность, мг-экв/л	6,5—9,8	2,8	114,4	170	9,8	10
Грубодисперсные примеси, мг/л:						
общие	183 000	300 000	2200	572	171 700	16 000
прокаленные	173 000	—	860	568	159 400	14 800
потеря при прокаливании	10 000	—	1340	4	12 300	1 200
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	—	—	—	—	21	11
Сухой остаток, мг/л:						
общий	660	316	10 336	13 204	1172	1536
прокаленный	492	220	9 956	12 612	752	1056
потеря при прокаливании	168	96	380	592	420	480

Показатели	Хвостовой сток основной молибденовой флотации		Слив со ступителей концентрата			Общий сток	
	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	медного	молибденового	до хвостохранилища	после хвостохранилища	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л:							
на холоду	9,6	—	1520	1264	48,8	45,6	
при нагревании	23,8	8	1640	1860	62,9	51,7	
Сероводород S^{2-} в отстоенной воде, мг/л	0	—	229,3	1663	0	0	
Хлориды Cl^- :							
мг/л	—	8	—	—	—	—	
мг-экв/л	—	0,22	—	—	—	—	
Сульфаты SO_4^{2-} :							
мг/л	29,6	64,2	53	30,8	25,2	40,6	
мг-экв/л	0,62	1,34	1,1	0,64	0,53	0,84	
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	10	—	10	374	14	14	
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:							
отстоенной	66	—	2,56	—	66,6	46,5	
фильтрованной	1,8	1,25	—	—	1,8	—	
Свинец Pb^{2+} , мг/л, в воде:							
отстоенной	13	—	—	—	12	7	
фильтрованной	0,05	0,88	—	—	0,03	0,03	
Мышьак As, мг/л	0,5	—	—	—	0,66	—	
Вещества, экстрагируемые эфиром в отстоенной воде, мг/л	16	29,6	—	—	16	7,6	
Ксантогенаты в отстоенной воде, мг/л	1,0	4,7	0,68—80	1,0	0,5	0,35	
Расход воды, м ³ /сутки	6010	24 160	60	120	6195	6195	

Характеристика сточных вод медно-молибденовой
обогащительной фабрики № 2

Показатели	Общий сток шламовой насосной	Слив из отстойника	Сток после молибденовой флотации
pH	8,5	8,1	8,8
Щелочность, мг-экв/л	4,2	5	8,2
Грубодисперсные примеси, мг/л:			
общие	189 175	119	376 750
прокаленные	186 800	116	374 145
потеря при прокаливании	2 375	3	2 615
Сухой остаток, мг/л:			
общий	1 590	4320	2 120
прокаленный	1 310	3920	1 460
потеря при прокаливании	280	400	660
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	92,8	25,6	74,4
Кислород растворенный O_2 , мг/л	0	6,41	0
Насыщение кислородом, %	0	64,4	0
Азот аммонийный NH_4^{+} :			
мг/л	0,52	0,13	9,75
мг-экв/л	0,03	0,007	0,54
Нитриты NO_2^{-} :			
мг/л	0,49	0,26	1,98
мг-экв/л	0,01	0,006	0,043
Углекислота CO_2 , мг/л:			
свободная	0	5,5	0
бикарбонатная	176	220	317
карбонатная	8,8	0	44
Кальций Ca^{2+} :			
мг/л	26	48	20
мг-экв/л	1,3	2,4	1,0
Магний Mg^{2+} :			
мг/л	62,5	109	41,2
мг-экв/л	5,2	9,1	3,43
Хлориды Cl^{-} :			
мг/л	332,3	935,3	384,3
мг-экв/л	9,41	26,4	10
Сульфаты SO_4^{2-} :			
мг/л	688,9	973,2	592,6
мг-экв/л	14,35	20,3	12,3
Фосфаты PO_4^{3-} :			
мг/л	0,15	0,3	сл.
мг-экв/л	0,005	0,01	—
Карбонаты CO_3^{2-} :			
мг/л	0,3	0	30
мг-экв/л	0,1	0	1,0
Бикарбонаты HCO_3^{-} :			
мг/л	237,9	305	439,2
мг-экв/л	3,9	5	7,2
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	8	16	16

Характеристика сточных вод вольфрамовой обогатительной фабрики № 1

Показатели	Маточный раствор после выщелачивания шеелита	Общий сток фабрики	
		до хвостохра- нилища	после хвосто- хранилища
Температура, °С	30	16	19
Цвет	—	Желтый	—
Запах	Сероводо- рода (слабый)	Керосина	Керосина (слабый)
Прозрачность, см	0	0	0
pH	0,05	10	9,7
Кислотность, мг-экв/л	420	—	—
Щелочность, мг-экв/л	—	15,4	11,8
Грубодисперсные примеси:			
общие	0	250 000	12 500
прокаленные	—	240 000	11 000
потеря при прокаливании	—	10 000	1 500
Объем осадка посл 2-ч отстаивания, %	—	19	—
Сухой остаток, мг/л:			
общий	—	2512	2544
прокаленный	—	1960	2010
потеря при прокаливании	—	552	534
Окисляемость по $KMnO_4$, мг О на 1 л, в воде:			
отстоенной	—	216	128
фильтрованной	—	104	62,4
Сероводород H_2S связанный, мг/л, в воде:			
натуральной	—	Обнаружен	Сл.
фильтрованной	—	0	0
Кальций Ca^{2+} :			
мг/л	43 600	—	—
мг-экв/л	2180	—	—
Хлориды Cl^- :			
мг/л	196 100	56,6	42,4
мг-экв/л	5530	1,6	1,2
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:			
натуральной	42	13,9	10
фильтрованной	40	0,34	0,33
Свинец Pb^{2+} в отстоенной воде, мг/л	12	8	5
Мышьяк As, мг/л, в воде:			
натуральной	0,5	0,2	0,15
фильтрованной	0,5	0,08	0
Керосин, мг/л	—	25—50	10—20
Терпинеол, мг/л	—	25—50	10—20
Расход воды, $m^3/сутки$	20	1000—1100	1000—1100

Характеристика сточных вод вольфрамовой обогатительной фабрики № 2 (внутрицеховые стоки)

Показатели	Маточный солянокислый раствор вольфрамового концентрата	Слив со ступенчатого вольфрамового концентрата	После флотации	Сток	
				производства молибдата кальция	флотационного отделения пере-чистки молибденового концентрата
Температура, °С	4	9,4	4	30	32,5
Цвет	Желтый	Грязно-желтый	Желтоватый	Слабо-желтый	Темно-серый
Запах	Сероводорода	Нефтепродуктов	Ксантогенатов и керосина	Щелока	Керосина (слабый)
Прозрачность, см	3,7	0	4	16	0,8
pH	4	9,4	4	—	11,8
Кислотность, мг-экв/л	10,8	—	2,8	—	—
Щелочность, мг-экв/л	—	26,4	—	6,6	150
Грубодисперсные примеси, мг/л:					
общие	1 184	2262	300	183	1 059
прокаленные	663	1948	134	116	960
погера при прокаливании	521	314	166	67	99
Сухой остаток, мг/л:					
общий	711 200	4480	692	40 070	105 140
прокаленный	—	3730	406	39 060	96 870
погера при прокаливании	—	750	286	1 010	8 270
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л:					
на холоду	672	106	7,4	—	3040
при кипячении	880	208	9,6	36,8	3360
Сероводород H_2S , мг/л	Много	Мало	0	0	Много
Кальций Ca^{2+} , мг/л	103 760	—	—	—	—
мг-экв/л	5188	—	—	—	—

Показатели	Маточный солянокислый раствор вольфрамового концентрата	Слив со стусителя вольфрамового концентрата	После флотогра-витации	Сток	
				производ-ства каль-ция	флотоцион-ного отде-ления пере-чистки мо-либденового концентрата
Хлориды Cl ⁻ :					
мг/л	196 630	56,2	5,6	16 740	180
мг-экв/л	5539	1,7	0,17	471	5,1
Сульфаты SO ₄ ²⁻ :					
мг/л	—	—	—	8450	—
мг-экв/л	—	—	—	176	—
Железо Fe, мг/л:					
общее	Много	0	Много	—	Много
окисное	»	0	»	—	»
закисное	»	0	»	—	»
Медь Cu ²⁺ , мг/л, в воде:					
натуральной	—	—	—	—	50
отстоенной	357,1	—	—	0	4,2
Свинец Pb ²⁺ , мг/л, в воде:					
натуральной	—	—	—	—	25
отстоенной	1600	—	—	—	24
Мышьяк As, мг/л, в воде:					
натуральной	—	—	—	—	4,3
отстоенной	1	—	—	—	1,9
Нефтепродукты, мг/л	646	—	—	—	119
Ксантогенаты, мг/л	—	—	—	—	—
Расход воды, м ³ /сутки	1—1,5	2—3	15	15—20	55,4

Характеристика сточных вод вольфрамовой обогатительной фабрики № 2
(общие стоки)

Показатели	Общий сток цеха вольфрамовых концентратов		Осветленная вода из хвостохранилища цехов очистки концентрата	
	в колодце абразивного завода	при выходе из цеха	вольфрамового	молибденового
Температура, °С	30	37,5— 42,5	—	—
Цвет	Мутно-желтый	Темно-серый	Зелено-ватожелтый	Желто-зеленый
Интенсивность окраски по разведению	—	—	1 : 130 000	1 : 1024
Запах	Масла	Нефтепродуктов	Керосина	Керосина и гнилостный
Интенсивность запаха по разведению	—	—	1 : 64	1 : 64
Прозрачность, см	2,8	0	8	9
pH	8,4	7	5,3	8,7
Кислотность, мг-экв/л	—	—	1,56	—
Щелочность, мг-экв/л	4,2	2,1	—	9220
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	145	412	102	1 017
прокаленные	110	268	—	—
потеря при прокаливании	35	144	—	—
Сухой остаток, мг/л:				
общий	2852	4876	7072	20 941
прокаленный	2252	4492	3967	1 102
потеря при прокаливании	580	384	3105	19 839
Окисляемость по KMnO_4 , мг О на 1 л:				
на холоду	4	96	—	—
при кипячении	22	216	282	—
Азот аммонийный NH_4^+ :				
мг/л	—	—	2,4	0
мг-экв/л	—	—	0,16	—

Показатели	Общий сток цеха вольфрамовых концентратов		Осветленная вода из хвостохранилища цехов очистки концентратора	
	в колодце абразив- ного завода	при выходе из цеха	вольфра- мового	молиб- денового
Нитриты NO_2^- :				
<i>мг/л</i>	—	—	Сл.	—
<i>мг-экв/л</i>	—	—	—	—
Нитраты NO_3^- :				
<i>мг/л</i>	—	—	0	0
<i>мг-экв/л</i>	—	—	—	—
Сероводород H_2S , <i>мг/л</i>	—	0	0	22,8
Хлориды Cl^- :				
<i>мг/л</i>	955	1685	—	—
<i>мг-экв/л</i>	26,9	47,7	—	—
Сульфаты SO_4^{2-} :				
<i>мг/л</i>	—	1149	4045	410
<i>мг-экв/л</i>	—	23,9	84,3	8,54
Железо Fe, <i>мг/л</i> :				
общее	0,3	8	1625	12,7
окисное	0,25	2,5	—	—
закисное	0,05	5,5	—	—
Медь Cu^{2+} , <i>мг/л</i> , в воде:				
натуральной	—	11	—	—
отстойной	—	2	20	0,008
Свинец Pb^{2+} , <i>мг/л</i> , в воде:				
натуральной	—	5,2	—	—
отстойной	—	1,5	0	0
Мышьяк As, <i>мг/л</i> , в воде:				
натуральной	—	14,8	—	—
отстойной	—	8,4	—	—
Вещества, извлекаемые эфиром, <i>мг/л</i>	—	—	108	342
Нефтепродукты, <i>мг/л</i>	—	85	—	—
Ксантогенаты, <i>мг/л</i>	Сл.	4,5	—	—
Расход воды, <i>м³/сутки</i>	75—100	60—80	—	—

Характеристика сточных вод молибдено-вольфрамовой обогатительной фабрики № 1

Показатели	Сульфидный сток вольфрамовой секции с ксантогенатом	Сток секции		Общий сток фабрики
		молибденовой	вольфрамовой	
Температура, °С	12	14—15	12—13	12—13
Цвет	Желтый		Серый	
Запах	Ксантогенатов	Терпинеола	Неопределенный	Терпинеола (слабый)
Прозрачность, см	0	0	0	0
pH	7,2	7,8	7,4	7,6
Щелочность, мг-экв/л	0,9	2,4	1,7	1,8
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	490	323 170	18 620	50 730
прокаленные	410	317 690	18 550	50 230
потеря при прокаливании	80	5 480	70	500
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	—	60	4,8	13,2
Сухой остаток, мг/л:				
общий	74	412	122	144
прокаленный	52	352	102	128
потеря при прокаливании	22	60	20	16
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:				
натуральной	19,3	1257,3	160,7	420,3
отстойной	7,4	31,4	4,1	14,9
фильтрованной	6,4	21,9	3,1	13,6
Сероводород H_2S , мг/л	0	0	0	сл.
Кальций Ca^{2+} :				
мг/л	15,7	—	—	—
мг-экв/л	0,78	—	—	—
Магний Mg^{2+} :				
мг/л	2,4	—	—	—
мг-экв/л	0,2	—	—	—
Хлориды Cl^- :				
мг/л	4,6	7,4	7,9	8,3
мг-экв/л	0,13	0,21	0,22	0,23
Сульфаты SO_4^{2-} :				
мг/л	26,7	—	—	—
мг-экв/л	0,56	—	—	—
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,03	0,1	0,05	0,06
Свинец Pb^{2+} , мг/л	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Мышьяк As, мг/л	0	0	0	0
Вещества, экстрагируемые эфиром, мг/л	30,3	250	20	43,3
Ксантогенаты, мг/л	0,08	0	0	0,03
Расход воды, м ³ /сутки	204	4920	6900	—

Характеристика сточных вод молибдено-вольфрамовой обогатительной фабрики № 2
(отдельные стоки фабрики)

Показатели	Сливы со сгустителя вольфрамового концентрата		Сливы со сгустителей молибденового концентрата		Сливы со сгустителя медного концентрата	Сток после выщелачивания шешелита	Фильтрат молибденовой перемычки	Хвостовые стоки после основной шешелитовой флотации	
	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1-й анализ	2-й (повторный) анализ				1-й анализ	2-й (повторный) анализ
Температура, °С	14,5	13	6	12	13	19; 9; 13	14	15	12
Цвет	Серый мутный	—	Серый	—	—	Синий	Бурый с зеленым	Серый мутный	—
Запах	Керосина	Неопределенный (слабый)	Керосина	Керосина (слабый)	Флототов (сильный)	Керосина	Сероводорода и керосина	Керосина и дигиофосфата	Керосина
Прозрачность, см	0	0	0	0	3,5	0	2,8—3	0	0
pH	12,1	9,8	9,4	10,9	11,8	0,6	11,9	11,3	9,8
Кислотность, мг-экв/л	—	—	—	—	—	400	—	—	—
Щелочность, мг-экв/л	30	9	4,5	36,4	130	—	175	91	7,6
Грубодисперсные примеси, мг/л:									
общие	5024	15 700	3952	3400	248	19 944	284	6288	162 200
прокаленные	4648	13 900	3744	3200	204	16 920	252	5832	159 600
потери при прокаливании	376	1 800	208	200	44	3 024	32	456	2 600
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	0,06	—	0,08	—	—	16	0,14	41	25,2

Продолжение табл. 1-36

Показатели	Сливы со ступеней вольфрамового концентрата		Сливы со ступеней молибденового концентрата		Слив со ступеней медного концентрата	Сток после выщелачивания шеелита	Фильтрат молибдено-перечистки	Хвостовые стоки после основной шешелитовой флотации	
	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1-й анализ	2-й (повторный) анализ				1-й анализ	2-й (повторный) анализ
Сухой остаток, мг/л:									
общий	4288	1070	1182	9040	9870	134 430	22 220	7590	940
прокаленный	3708	990	928	8690	8850	128 420	21 920	7060	764
потери при прокаливании	580	80	154	350	1020	6 010	300	530	176
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, на холоду	35,3	40	37,6	288	1570	149,4	4934	90,2	64
при кипячении в воде:									
натуральной	91,4	75,2	69,1	496	2600	215,3	—	159	216
отстойной	56,1	—	31,5	—	—	65,9	0	68,6	—
	58,5 (2)*	—	5 (5) *	—	—	310 (5) *	—	188 (2) *	—
	103,5 (8)*	—	42 (8) *	—	—	—	—	288 (7) *	—
БПК, мг O на 1 л	105 (15) *	—	140 (10) *	—	—	—	—	480 (10) *	—
	149 (20) *	—	—	—	—	—	—	—	—
Сероводород H_2S , мг/л	0,1	0	0,08	104,3	1505	—	1496	0,1—0,15	0

* В скобках указано время инкубации в сутках.

Показатели	Сливы со ступи- тели вольфрамового концентрата		Сливы со ступи- телей молибденового концентрата		Слив со ступите- ля медно- го кон- центрата	Сток после выщелачи- вания шелита	Финдтрат молибде- новой пере- чистки	Хвостовые стоки после основной щелитовой флотации	
	1-й анализ	2-й (повтор- ный) анализ	1-й анализ	2-й (повтор- ный) анализ				1-й анализ	2-й (повтор- ный) анализ
Хлориды Cl ⁻ :									
мг/л	—	300	—	2900	33	—	—	—	54
мг-экв/л	—	8,45	—	81,7	0,93	—	—	—	1,52
Сульфаты SO ₄ ²⁻ :									
мг/л	—	59	—	125	92	—	—	—	75
мг-экв/л	—	1,2	—	2,6	2	—	—	—	1,6
Кремнекислота SiO ₂ , мг/л	—	275	—	1026	76	—	—	—	270
Цианиды общие CN, мг/л, в во- де:									
отстоенной	—	0,3	—	19,4	2,5	—	—	—	1,8
фильтрованной	15,6	—	14,4	—	—	14,7	—	—	15,2
Роданиды CNS ⁻ , мг/л	0	—	1,7	—	—	0	—	—	1,6
Медь Cu ²⁺ в отстоенной воде, мг/л	—	5,6	—	65,6	5,9	—	—	—	4,6
Свинец Pb ²⁺ в отстоенной воде, мг/л	—	25	—	2,5	15	—	—	—	—
Мышьяк As в отстоенной воде, мг/л	—	0,3	—	0,9	—	—	—	—	1,2
Вещества, экстрагируемые эфиро- ром, мг/л	200	15	66	38	78	444	325	250	38
Ксантогенаты, мг/л	54,2	0,3	25,8	0,3	4,33	0	5,8	258	0,6
Расход воды, м ³ /сутки	—	50	—	110	20	—	—	—	8720

Таблица 1-37

Характеристика сточных вод молибденово-вольфрамовой обогатительной фабрики № 2

Показатели	Общий сток фабрики до хвостохранилища				Общий сток после хвостохранилища
	1-й анализ	2-й анализ	3-й анализ	4-й анализ	
Температура, °С	10	13	—	—	13
Цвет	Молочно-серовато-желтоватый Керосина (слабый)	—	—	—	—
Запах	0	Керосина	Керосина	Керосина (слабый)	Без запаха
Прозрачность, см	8,8	0	0	0	0
pH	3	10,4	10,3	10,3	9
Щелочность, мг-экв/л		12	—	—	6,8
Грубодисперсные примеси, мг/л:					
общие	4000	140 000	390 000	471 000	4920
прокаленные	3880	137 500	—	—	4330
потеря при прокаливании	120	2 500	—	—	590
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	23,5—28	23,8	—	—	0,3
Сухой остаток, мг/л:					
общий	1896	1960	—	—	1472
прокаленный	1616	1756	—	—	1300
потеря при прокаливании	280	204	—	—	172
БПК, мг О на 1 л	2,5 (5) * 8 (8) * 13,5 (10) *	122 (5) *	—	—	—

* В скобках указано время инкубации в сутках

Показатели	Общий сток фабрики до хвостохранилища				Общий сток после хвостохранилища
	1-й анализ	2-й анализ	3-й анализ	4-й анализ	
Сероводород H_2S , мг/л	0	15,6	—	15,6	0
Хлориды Cl^- :					
мг/л	—	240	—	—	306
мг-экв/л	—	7	—	—	8,6
Сульфаты SO_4^{2-} :					
мг/л	—	69	—	—	136
мг-экв/л	—	1,4	—	—	2,8
Кремникислота SiO_2 , мг/л	—	256	—	—	201
Цианиды CN , мг/л, в воде:					
отстоенной	15	0,6	—	—	0,3
фильтрованной	—	—	0,5	0,7	0,2
Роданиды CNS^- , мг/л	1,1	—	2,5	2,7	—
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:					
отстоенной	—	4,1	5,1	3,9	2,4
фильтрованной	—	—	—	—	0,57
Свинец Pb^{2+} , мг/л, в воде:					
отстоенной	—	2	2	2,3	1
фильтрованной	—	—	—	—	0,25
Мышьяк As в отстоенной воде, мг/л	—	0,6	—	0,6	0,2
Вещества, экстрагируемые эфиром, мг/л	294	46,3	30	35,4	26,3
Ксантогенаты, мг/л	12,9	5	—	5	2
Расход воды, м ³ /сутки	—	8923	—	—	—

Характеристика сточных вод молибдено-вольфрамовой обогатительной фабрики № 3

Показатели	Маточный раствор соляной кислоты		Хвостовая пульпа	
	1-й анализ	2-й анализ (повторный)	до хвостохранилища	после хвостохранилища
Температура, °С	15	15	11	10
Цвет	Беловатый	Зеленый	Желтый	
Запах	Без запаха		Терпинеол и керосина	Терпинеол
Прозрачность, см	0	0	0	0
pH	1,2	0,05	10	9,7
Кислотность, мг-экв/л	83	142,5	—	—
Щелочность, мг-экв/л	—	—	7,6	6,8
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	—	—	118 700	11 200
прокаленные	—	—	112 400	9 700
потеря при прокаливании	—	—	6 300	1 500
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	—	—	18,5	—
Сухой остаток, мг/л:				
общий	42 180	227 720	1640	1070
прокаленный	40 016	210 580	1220	900
потеря при прокаливании	2 164	17 140	420	170
Окисляемость по $KMnO_4$, мг на 1 л, в воде:				
отстоенной	—	—	204	159
фильтрованной	—	—	82,3	32,6
Кальций Ca^{2+} :				
мг/л	12 112	69 459	—	—
мг-экв/л	605,6	3473	—	—
Хлориды Cl^- :				
мг/л	25 000	185 200	40,7	11,1
мг-экв/л	704	5217	1,1	0,3
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:				
натуральной	—	—	13,3	2,2
фильтрованной	—	—	0,14	0,14
Мышьяк As, мг/л, в воде:				
натуральной	—	—	1,5	0,6
фильтрованной	—	—	0,7	0,3
Керосин, мг/л	—	60	25	20
Терпинеол, мг/л	—	35	5	3
Олеиновая кислота, мг/л	—	—	0,14	0,14
Расход воды, м ³ /сутки	—	—	750—850	—

**Характеристика сточных вод молибдено-вольфрамовой
обогащительной фабрики № 4**

Показатели	Общий сток фабрики	
	до хвосто- хранилища	после хвосто- хранилища
Температура, °С	10	10
Цвет	Темно-серый	
Запах	Терпинеола	Терпинеола (слабый)
Прозрачность, см	0	8,4
Щелочность, мг-экв/л	11,6	4,2
Грубодисперсные примеси, мг/л:		
общие	108 470	18 360
прокаленные	97 920	17 800
потеря при прокаливании	10 550	560
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	17	—
Сухой остаток, мг/л:		
общий	1310	360
прокаленный	900	270
потеря при прокаливании	410	90
Окисляемость по KMnO_4 , мг О на 1 л, в воде:		
отстоянной	157	70
фильтрованной	31	5
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:		
натуральной	17,4	6,6
фильтрованной	0,3	0,13
Мышьяк As , мг/л, в воде:		
натуральной	1,4	0,7
фильтрованной	0,4	0,2
Керосин, мг/л	12,5	6
Терпинеол, мг/л	5	3
Оленовая кислота, мг/л	20	10
Расход воды, м ³ /сутки	450—500	—

**Характеристика сточных вод молибдено-вольфрамовой
обогащительной фабрики № 5**

Показатели	Маточный рас- твор после вы- щелачивания шеелита	Сток после выщелачивания шеелита		Хвостовая пульпа	
		1-й ана- лиз	2-й (пов- торный) анализ	до хвос- тохран- лища	после хвосто- хранил- ща
Температура, °С	15	15	16	11	13
Цвет	Темно- зеленый	Лиловый		Желтый	
Запах	Неопре- делен- ный	Терпинеола и ке- росина		Терпинеола	
Прозрачность, см	0	0,8	1,0	0	0
pH	0,05	2,7	2,3	9,7	9,5
Щелочность, мг-экв/л	—	—	—	3,8	3,8
Грубодисперсные примеси, мг/л:					
общие	—	—	—	245 500	182 700
прокаленные	—	—	—	220 500	179 700
потеря при прокалива- нии	—	—	—	25 000	30 000
Объем осадка после 2-ч от- стаивания, %	—	—	—	20	—
Сухой остаток, мг/л:					
общий	353 320	25 920	33 756	916	784
прокаленный	305 360	22 592	29 476	732	698
потеря при прокалива- нии	47 960	3 328	4 280	184	86
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:					
отстоенной	299	43,6	53,3	137,4	104
фильтрованной	—	—	—	50,5	38
Сероводород H_2S , связанный в натуральной воде, мг/л	—	Сл.	Есть	Много	
Кальций Ca^{2+} :					
мг/л	—	—	10 576	—	—
мг-экв/л	—	—	528,8	—	—
Хлориды Cl^- :					
мг/л	225 940	250	16 850	16,7	15,2
мг-экв/л	6336	7	474	0,5	0,4
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:					
натуральной	39	3,2	4,8	17,5	11,8
фильтрованной	34	1,6	3	0,3	0,2
Мышьяк As , мг/л, в воде:					
натуральной	3,5	0,8	1,4	0,5	0,15
фильтрованной	—	0	0,16	0,06	0,02
Керосин, мг/л	—	—	—	30	7
Терпинеол, мг/л	—	—	—	6	2
Олеиновая кислота, мг/л	—	—	—	12	3

Характеристика сточных вод золотозвлекательной фабрики № 1

Показатели	Слив со сгустителя		Обеззолоченный раствор	Результаты рованных кек	Хвостовой сток после флотации	Общий сток фабрики
	1 го и 2 го	4 го				
Цвет	Белый	Бесцветный	Желтый	Черный	Соснового	Серый
Запах	Без запаха	Ксантогена	Цианидов		масла	Ксантогенатов (слабын)
Прозрачность см	3	9 5 29 5	30	0	0	0
pH	12	12	11 7	11 6	6 7—8 5	5 9 9
Щелочность мг экв/л	8 4	10	19	4 8	2 6	1—1 2
Грубодисперсные примеси мг/л						
общие	126	18	0	367 400	397 500	216 240
прокаленные	104	9 5		341 520	327 580	203 500
потеря при прокаливании	22	8 5		20 880	69 920	12 740
Объем осадка после 2 ч отстаивания %			0		70	
Сухой остаток мг/л						
общий	400	1850	3900	1336	2508	2412
прокаленный	250	1640	1980	872	2336	2380
потеря при прокаливании	150	210	1920	464	172	32
Окисляемость по KMnO ₄ мг O на 1 л						
на холоду			451	15 680		
при кипячении	4 6	24 2	480	29 000	292	261
Сероводород H ₂ S мг/л				7 3	1 3	1 2
Кальций Ca ²⁺						
мг/л	63 7	186 6			10 6	27 3
мг экв/л	3 2	9 3			0 53	1 36
Цианиды общец CN мг/л			288—400	37 0 90		
Роданнды CNS— мг/л			475—782	106 143		
Железо общец Fe мг/л	0 06	0 05	0 3	0 3	0 5	0 2
Медь Cu ²⁺ мг/л	0 03	0	109—129	34 4	0 05	0 04
Свинец Pb ²⁺ мг/л	0 58	0 5	166 4	37 5	0 08	0 1
Цинк Zn ²⁺ мг/л	0	0	10 5	10 4	0	0
Мышьяк As мг/л	0—0 2	1 2	0 6—2 4	1 8—2	0 1	0 8 1
Сосновое масло мг/л					40	27 4
Ксантогенаты мг/л		3 75 8			0	0—0 1 0
Расход воды м ³ /сутки	90—140	60—120	23	52—69	600—640	930

Характеристика сточных вод золотозвлекательной фабрики № 2

Показатели	Репульпированный кеок	Обеззолоченный раствор	Сток гидроциклона	Слив со ступеней	Общий сток гидроциклона и ступеней	Хвостовые стоки	
						баритовые	пиритные
Цвет	Желтый	Бесцветный		Желтый			
Запах	Сырого дерева			Сырого дерева			
Прозрачность, см	0	>30	0	0	0		
pH	9,45	10—11,3	—	9,7	8		
Щелочность, мг экв/л	1,8	16,35	1,05	0,5	0,72		
Жесткость общая, мг экв/л	5,52	—	—	—	5,6		
Грубодисперсные примеси, мг/л	—	—	51 940	675—12 700	—	65 700	33 500
общие	—	—	49 140	485	—	—	—
прокаленные	—	—	2 800	190	—	—	—
потеря при прокаливании	—	—	16	6	—	—	—
Объем осадка после 2 ч отстаивания, %	—	—	—	—	—	—	—
Сухой остаток, мг/л	—	—	—	—	—	—	—
общий	962	2124	—	—	534	—	—
прокаленных	669	1669	—	—	378	—	—
потеря при прокаливании	293	455	—	—	156	—	—
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде	1,3	—	—	—	—	—	—
на холоду в отстоенной воде	—	—	—	—	—	—	—
при кипячении в воде	67,3	15,8	—	—	54,3	1080	413
натуральной	6,5	—	—	—	7,2	—	—
отстоенной	—	—	—	—	—	86	28
фильтрованной	—	—	—	—	—	—	—
Кальций Ca^{2+}	86,4	—	—	—	88	—	—
мг/л	4,32	—	—	—	4,4	—	—
мг экв/л	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 1-42

Показатели	Регулиру- рованный кек	Обеззоло- ченный раствор	Сток гидро- циклона	Слив со сгустителя	Общий сток гидроцик- лона и сгус- тителя	Хвостовые стоки	
						баритовые	пиритные
Магний Mg^{2+} :							
мг/л	14,4	—	—	—	14,4	—	—
мг-экв/л	1,2	—	—	—	1,2	—	—
Хлориды Cl^- :							
мг/л	62,4	156,7	—	—	31,2	—	—
мг-экв/л	1,76	4,41	—	—	0,88	—	—
Сульфаты SO_4^{2-} :							
мг/л	242,8	480,6	—	—	226,4	—	—
мг-экв/л	5,1	8,35	—	—	4,72	—	—
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	—	—	—	—	—	160	5,2
Цианиды общие CN, мг/л	31,5—131	260,2—300	—	—	—	0,85	1,3
Роданиды CNS^- , мг/л	3,8—18,2	22,8—23,8	—	—	—	—	—
Железо общее Fe, мг/л	0,05—0,1	0,1—0,15	—	—	0,02—0,03	—	—
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,3—0,4	0,03—0,06	—	—	—	—	—
Свинец Pb^{2+} , мг/л	6,2—8,4	100—125	—	0,08	—	2	0,6
Ртуть Hg^{2+} , мг/л	4,8—14	0,06—0,07	—	0,13—0,26	—	2,1	0,44
Цинк Zn^{2+} , мг/л	9—46	200—210	—	0	—	—	—
Мышьяк As, мг/л	0,2—0,4	0,05	—	0,1	—	16	17,3
Сосновое масло, мг/л	—	—	—	—	—	—	—
Олеиновая кислота, мг/л	—	—	—	—	—	2,5	5
Ксантогенаты, мг/л	—	—	—	—	—	141	5,65
Расход воды, м ³ /сутки	180	100	700	2100	2800	7	4
						4580	2500

Характеристика сточных вод золотоизвлекательной фабрики № 3

Показатели	Слив со ступителей концентрата	Хвостовой сток после флотации	Общий сток фабрики	Сток из хвостохранилища
Цвет	Желтоватый			
Запах	Флотореагентов			Без запаха
Прозрачность, см	2,9—4,5	0	0	0,8—3
pH	6,6—6,9	7,2—7,4	6,9	6,5
Щелочность, мг-экв/л	1,4	0,9	1,4	0,9
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	390—564	26 730— 38 320	21 734	99—304
прокаленные	531	32 275	11 451	77—242
потеря при прокаливании	33	6 045	10 283	22—62
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	—	4,6	3,7	—
Сухой остаток, мг/л:				
общий	251	175—222	172	178
прокаленный	127	128	67	100
потеря при прокаливании	124	94	105	78
Окисляемость по KMnO_4 , мг О на 1 л	112—160	112—384	168	16—24
Сероводород H_2S , мг/л	0,42	1,7	0,17	—
Кальций Ca^{2+} :				
мг/л	13,9	20,24	20,64	22,6
мг-экв/л	0,69	1,01	1,02	1,13
Железо общее Fe, мг/л	0,1—0,2	0,1—0,2	0,1	0,2
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,013	0,012— 0,02	0,01	0,024
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,04	0,12	0	—
Ртуть Hg^{2+} , мг/л	0	0	0	—
Цинк Zn^{2+} , мг/л	0	0	0	—
Мышьяк As, мг/л	0,0025	0	0,005	—
Нефтепродукты, мг/л	20	10—25	4,2—25	6,5— 12,5
Ксантогенаты, мг/л	2	3,5—5,5	2,2	0
Расход воды, м ³ /сутки	1,5—3,1	800	820	—

Характеристика сточных вод алюминиевых заводов, перерабатывающих бокситы
(некоторые цеховые стоки)

Компоненты	1-й глиноземный цех				2-й глиноземный цех				Красная сторона 1-го и 2-го глиноземных цехов
	белая сторона		выпарка		белая сторона		выпарка		
	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	
Температура, °С	34—38	37	40—46	42,5	38—44	37	42—52	50	42
Цвет	—	Бесцветный	—	Бесцветный	—	Бесцветный	—	Бесцветный	Бесцветный
Запах	—	Без запаха	—	Без запаха	—	Без запаха	—	Без запаха	Без запаха
Прозрачность, см	6,8—11	—	5—17	—	13,5—23	—	12,5—15,5	—	—
pH	8,5—9	7,95	8,1—8,9	8,1	7,7—8,3	7,7	8,1—8,4	8,35	7,5
Щелочность, мг-экв/л									
общая	2,3—5,3	2,3	2,3—3	2,4	2,2—2,5	2,5	2,1—2,2	3,6	2,1
карбонатная	0—0,6	—	0—1,5	—	0,1—0,6	—	0—0,4	—	—
бикарбонатная	2,3—4,9	—	1,4—2,3	—	1,9—2,4	—	1,8—2,1	—	—
Жесткость общая, мг-экв/л	2,34—3,64	—	2,2—3,6	—	2,3—2,8	—	5,3—7	—	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:									
общие	28—280	49	11—170	39	20—89	38,5	18—56	38	5,5
прокаленные	16—160	5,5	5—100	12	8—46	20	7—26	12	0,5
потери при прокаливании	12—120	44,5	6—70	27	12—43	18,5	11—30	26	5
Сухой остаток, мг/л:									
общий	256—745	260	115—290	260	81—160	250	150—210	250	270
прокаленный	146—630	180	100—200	220	73—100	160	110—170	180	180
потери при прокаливании	110—115	80	15—90	40	8—60	90	40	70	90

Компоненты	1-й глиноземный цех				2-й глиноземный цех				Красная сторона 1-го и 2-го глиноземных цехов
	белая сторона		выпарка		белая сторона		выпарка		
	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	—	8,7	—	6,5	—	5,8	—	8	7,3
Кальций Ca^{2+} :	—	33,6	—	30,7	—	35	—	31,4	38,6
мг/л	—	1,68	—	1,53	—	1,75	—	1,56	1,93
мг-экв/л	—	16,6	—	14,9	—	15,7	—	13,5	14,2
Магний Mg^{2+} :	—	1,38	—	1,24	—	1,3	—	1,12	1,18
мг/л	—	24,5	—	24,5	—	20,4	—	20,4	22,8
мг-экв/л	—	0,7	—	0,7	—	0,57	—	0,57	0,64
Хлориды Cl^- :	—	47,3	—	47,7	—	43,6	—	39,5	45,3
мг/л	—	1	—	1	—	0,9	—	0,82	0,98
мг-экв/л	—	140,3	—	146,4	—	152,5	—	219,6	128,1
Сульфаты SO_4^{2-} :	—	2,3	—	2,4	—	2,5	—	3,6	2,1
мг/л	—	8,7	—	6,5	—	5,8	—	8	7,3
мг-экв/л	—	0,34	—	0,28	—	0,25	—	0,32	0,31
Бикарбонаты HCO_3^- :	—	—	—	—	—	—	—	—	—
мг/л	—	—	—	—	—	—	—	—	—
мг-экв/л	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Калий + натрий по разности Na^+ :	—	—	—	—	—	—	—	—	—
мг/л	—	—	—	—	—	—	—	—	—
мг-экв/л	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Фториды F ⁻ , мг/л	—	—	4,3	—	—	—	—	—	—
Алюминий Al^{3+} , мг/л	—	—	1—12,7	—	—	—	—	—	—
Железо общее Fe, мг/л	18—74	—	—	—	—	—	—	—	—
Расход воды, м ³ /сутки	4700	14 600	40 310	58 320	3380	10 540	34 000	30 840	18 260

Таблица I-45

Характеристика сточных вод алюминиевых заводов, перерабатывающих бокситы (общие стоки)

Показатели	Сток			Вода, поступающая на шламовые поля	Сток со шламовых полей
	1-й	2-й	3-й		
Температура, °С	34—39	46	28	22	—
Цвет	Бесцветный	Мутноватый	Бесцветный	Буро-коричневый	Буроватый
Запах			Без запаха		
Прозрачность, см	11,5	4	11	0	1,5
pH	8,1	10,2	9	12	12
Щелочность, мг-экв/л:					
общая	2,15	4,5	2,4	64	115
гидратная	—	—	—	33	53
карбонатная	—	2,75	0,25	31	62
бикарбонатная	2,15	1,75	2,15	—	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:					
общие	33,2	141,6	50,4	70 402	177
прокаленные	20,8	86,4	41,6	66 356	157
потеря при прокаливании	12,4	55,2	8,8	4 046	20
Сухой остаток, мг/л:					
общий	296	468	350	4 726	8065
прокаленный	176	308	229	3 960	6429
потеря при прокаливании	110	160	121	766	1636
Окисляемость по $KMnO_4$, мг О на 1 л	5	6,3	5,6	33,2	34,8
Кальций Ca^{2+} :					
мг/л	40,7	6,4	40,7	5,7	3,6
мг-экв/л	2,03	0,32	2,03	0,28	0,18
Магний Mg^{2+} :					
мг/л	13,1	0,66	14,6	1,31	0,87
мг-экв/л	1,1	0,05	1,2	0,11	0,07
Хлориды Cl^- :					
мг/л	25,5	24,5	55,1	62,3	55
мг-экв/л	0,72	0,7	1,58	1,75	1,58
Сульфаты SO_4^{2-} :					
мг/л	55,9	52,2	62,5	80,6	136,1
мг-экв/л	1,16	1,09	1,3	1,68	2,83
Кремникислота SiO_2 , мг/л	1,5	1,4	2,7	4,5	4,5
Фториды F^- , мг/л	—	—	0,02	—	0,16
Алюминий Al^{3+} , мг/л	0	20	0	546,5	580
Железо общее Fe, мг/л	0,08	0,04	0,08	0,1	0,1

Характеристика сточных вод алюминиевых заводов, перерабатывающих нефелины (цеховые стоки)

Показатели	Отделение спекания		Отделение карбонизации, сток скрубберов	Отделение кальцинации	Отделение выпарки
	удаление шлама	охлажденные спека			
Температура, °С	—	31	20—32	16	21—34
Цвет	Коричневый		Светло-желтый		
Запах			Без запаха		
pH	12,7	7,7	6,8	7,6	9,8
Щелочность, мг-экв/л:					
общая	47,2	—	—	—	—
гидратная	38	—	—	—	—
карбонатная	9,2	—	—	—	—
бикарбонатная	0	—	—	—	—
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	65 740	5	35	25	10
Сухой остаток, мг/л:					
общий	2 900	132	344	156	152
прокаленный	1 920	62	280	76	132
потеря при прокаливании	980	70	64	80	20
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	11,3	17,6	23,8	20,2	15,2
Кальций Ca^{2+} :					
мг/л	16,8	24,7	40,7	18,6	17,5
мг-экв/л	0,84	1,24	2,04	0,93	0,88
Магний Mg^{2+} :					
мг/л	1,42	4,2	5,2	4,4	4,6
мг-экв/л	0,12	0,35	0,43	0,37	0,38
Хлориды Cl^- :					
мг/л	12,9	11,1	15,2	14	13,1
мг-экв/л	0,36	0,31	0,43	0,4	0,37
Сульфаты SO_4^{2-} :					
мг/л	37,8	9,1	31,7	—	10,7
мг-экв/л	0,79	0,2	0,66	—	0,22
Бикарбонаты HCO_3^- :					
мг/л	—	69,3	250,1	69,2	207,4
мг-экв/л	—	1,13	4,1	1,13	3,4
Алюминий Al^{3+} , мг/л	180	—	—	—	—
Железо общее Fe, мг/л	0,1	0,4	0,4	0,4	0,5
Фенол, мг/л	—	—	0,05	—	—
Расход воды, м ³ /сутки	7300		6930	2000	4740

Характеристика сточных вод алюминиевых заводов, перерабатывающих нефелины (общие стоки)

Показатели	Сток из коллектора диаметром, мм		Сток со шламовых полей
	800	1000	
Температура, С	20	18—21	11—20
Цвет	Светло-желтый		Корич- невый
Запах	Без запаха		
pH	7,3	7,3	11,2
Щелочность, мг-экв/л:			
общая	1,7	2,8	33
гидратная	0	0	7,8
карбонатная	0	0	25,2
бикарбонатная	1,7	2,8	0
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	27	60	352
Сухой остаток, мг/л:			
общий	148	260	2980
прокаленный	72	112	1920
потеря при прокаливании	76	148	1060
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	15,6	20,2	73,7
Кальций Ca^{2+} :			
мг/л	21,8	37,9	26,1
мг-экв/л	1,1	1,9	1,3
Магний Mg^{2+} :			
мг/л	7,4	4,6	1,53
мг-экв/л	0,6	0,4	0,11
Хлориды Cl^- :			
мг/л	16,2	15,2	14,2
мг-экв/л	0,45	0,42	0,4
Сульфаты SO_4^{2-} :			
мг/л	11,9	20,6	32,5
мг-экв/л	0,25	0,43	0,68
Бикарбонаты HCO_3^- :			
мг/л	103,7	160,8	—
мг-экв/л	1,7	2,6	—
Алюминий Al^{3+} , мг/л	0	0	213
Железо общее Fe, мг/л	0,4	0,4	0,1
Фенол, мг/л	—	Сл.	—
Расход воды, м ³ /сутки	23 000	9200	7200

Таблица 1-48

Характеристика сточных вод цинкового завода (цеховые стоки)

Показатели	Велич. цел.-тушение клинкера	Кальциевый цех, промывка губки	Цех выщелачивания	Электролитный цех:		
				промывка Дроса	дренажные воды	охлаждающая вода
Цвет	Слегка серый	Серо-зеленоватый	Серый		Сероватый	Бесцветный
Запах	Неопределенный (слабый)	Неопределенный	Тухлый	Без запаха	Землистый	Без запаха
Прозрачность, см	12	>30	1	6,5	5,5	18
pH	7,2	3,8	1,8	7,6	1,0	6,4
Кислотность, мг-экв/л	—	—	56,8	—	214,6	—
Щелочность, мг-экв/л	0,75	4	—	1,5	—	0,24
Грубодисперсные примеси, мг/л:						
общие	45	110	310	278	114	—
прокаленные	25	79	226	267	58	—
потеря при прокаливании	20	31	84	11	56	—
Сухой остаток, мг/л:						
общий	363	161 110	70 290	310	71 425	607
прокаленный	305	139 350	64 950	212	48 685	447
потеря при прокаливании	58	21 760	5 340	98	22 740	160
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:						
натуральной	4,6	68,8	127,4	11,5	31,5	13
фильтрованной	2,4	50,2	83,8	4,9	22,5	12,7
Хлориды Cl^- :						
мг/л	8,7	9468	5188	20	51	10,2
мг-экв/л	0,25	266,7	146,1	0,56	1,43	0,29
Сульфаты SO_4^{2-} :						
мг/л	204,5	76 498	40 162	117,3	42 261	355
мг-экв/л	4,26	1594	836,7	2,44	880,4	7,4
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,1	0,3	0,8	0,1	11,1	—
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,05	0,09	0	0,05	8	—
Цинк Zn^{2+} , мг/л	9	34 400	8800	2,4	20 600	74
Мышьяк As, мг/л	0,004	0	3,9	0	0	0
Марганец Mn, мг/л	—	—	—	—	—	10,5
Расход воды, м ³ /сутки	600—960	0,2	1	50	10	63 000

Характеристика сточных вод свинцово-цинкового завода № 1
(цеховые стоки)

Показатели	Стоки электролитического цеха		Центральная промканализационная линия		Сток старого завода
	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	
Цвет	—	Бесцветный	—	Бесцветный	
Запах	—	Без запаха	—	Без запаха	
Кислотность, мг-экв/л	—	—	4,2	1	—
Щелочность, мг-экв/л	3,5	3,1	—	—	2,3
Грубодисперсные примеси, мг/л:					
общие	—	50	—	30	80
прокаленные	—	46	—	25	62
потеря при прокаливании	—	4	—	5	18
Сухой остаток, мг/л:					
общий	—	237	—	424	561
прокаленный	—	174	—	317	387
потеря при прокаливании	—	63	—	107	174
Окисляемость по KMnO_4 , мг О на 1 л, в воде:					
натуральной	—	1,8	—	4,5	20,1
фильтрованной	1,22	0,9	2,38	1,6	7,1
Азот аммонийный NH_4^+ :					
мг/л	—	—	0,25	—	—
мг-экв/л	—	—	0,014	—	—
Нитриты NO_2^- :					
мг/л	0,003	—	0,006	—	—
мг-экв/л	0,0001	—	0,0002	—	—
Нитраты NO_3^- :					
мг/л	0	—	0	—	—
мг-экв/л	—	—	—	—	—
Хлориды Cl^- :					
мг/л	14	—	40	—	—
мг-экв/л	0,4	—	1,1	—	—
Сульфаты SO_4^{2-} :					
мг/л	—	39,5	—	253	163
мг-экв/л	—	0,82	—	5,3	3,4
Медь Cu^{2+} , мг/л	—	—	—	—	—
Свинец Pb^{2+} , мг/л	—	—	—	—	—
Цинк Zn^{2+} , мг/л	—	—	—	—	—
Расход воды, м ³ /сутки	4700— 6300	—	—	—	—

Характеристика сточных вод свинцово-цинкового завода № 1
(общие стоки)

Показатели	Общий сток завода		Общий сток завода при впадении в реку		
	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	3-й анализ
Цвет	—	Мутный	—	Мутный	Бесцветный
Запах	—	Затхлый (слабый)	—	Без запаха	
Кислотность, мг-экв/л	—	—	—	—	—
Щелочность, мг-экв/л	1,36	4,3	0,79	2,2	2,3
Грубодисперсные примеси, мг/л:					
общие	—	—	—	—	99
прокаленные	—	—	—	—	76
потеря при прокаливании	—	—	—	—	23
Сухой остаток, мг/л:					
общий	—	318	—	293	230
прокаленный	—	—	—	—	175
потеря при прокаливании	—	—	—	—	55
Окисляемость по KMnO_4 , мг О на 1 л, в воде:					
натуральной	—	—	—	—	4,5
фильтрованной	1,97	3,12	1,78	1,42	3,2
Азот аммонийный NH_4^+ :					
мг/л	2,5	0,1	0,25	1	—
мг-экв/л	0,14	0,005	0,014	0,05	—
Нитриты NO_2^- :					
мг/л	0,06	0,006	0,12	0,003	—
мг-экв/л	0,0013	0,0001	0,002	0,0001	—
Нитраты NO_3^- :					
мг/л	—	4,35	—	4,35	—
мг-экв/л	—	0,068	—	0,068	—
Хлориды Cl^- :					
мг/л	26	15	30	15	—
мг-экв/л	0,73	0,42	0,84	0,42	—
Сульфаты SO_4^{2-} :					
мг/л	—	58	—	44	70
мг-экв/л	—	1,2	—	0,92	1,46
Медь Cu^{2+} , мг/л	—	—	—	—	0,3
Свинец Pb^{2+} , мг/л	—	—	—	—	0,4
Цинк Zn^{2+} , мг/л	—	—	—	—	4,8
Расход воды, м ³ /сутки	8000— 10 000	—	—	—	—

Характеристика сточных вод свинцово-цинкового завода № 2
(цеховые стоки)

Показатели	Вельд- цех, тушение клинкера	Свинцо- вый цех, отделение электро- лиза	Цех выщела- чивания, и электро- лиза цинка	Общий сток завода
Температура, °С	16	15	10	13—17
Цвет	Серо- желтый	Желто- ватый	—	Серо- вато- желтый
Запах	—	Без запаха	—	—
Прозрачность, см	0,8	0,8	2,8	0,5
pH	8	7,6	7,8	6,4
Щелочность, мг-экв/л	5,8	5,2	6	2,6
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	110	50	22	464
прокаленные	82	16	8	30
потеря при прокаливании	28	34	14	434
Сухой остаток, мг/л:				
общий	2500	2820	2800	2750
прокаленный	2100	1940	2140	2340
потеря при прокаливании	400	880	660	410
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:				
натуральной	18,6	80	9,6	10,1
отстоенной	8,2	73	8,4	6,3
Хлориды Cl^- :				
мг/л	405	393	417	417
мг-экв/л	11,1	11	11,7	11,7
Сульфаты SO_4^{2-} :				
мг/л	1045	968	1108	1275
мг-экв/л	21,8	20,2	23,1	26,6
Бикарбонаты HCO_3^- :				
мг/л	354	317	366	159
мг-экв/л	5,8	5,2	6	2,6
Железо общее Fe, мг/л, в воде:				
натуральной	7,2	3,2	1,7	6,1
фильтрованной	0,4	2,4	1,4	5,6
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:				
натуральной	3,6	0,05	0,1	1
фильтрованной	0,8	0,03	0,03	0,13
Свинец Pb^{2+} , мг/л, в воде:				
натуральной	10,6	24,6	0,03	4,3
фильтрованной	6,9	0,76	0,03	1,4
Цинк Zn^{2+} , мг/л, в воде:				
натуральной	11,2	2	13,9	35
фильтрованной	2,4	1,3	8,1	4,5
Кадмий Cd^{2+} в натуральной воде, мг/л	0,2	—	Сл.	3,72
Мышьяк As, мг/л, в воде:				
натуральной	0,4	0	0	2,5
фильтрованной	Сл.	0	0	0,5
Расход воды, м ³ /сутки	2700	110	—	41 600

Характеристика сточных вод титано-магниевых заводов (цеховые стоки)

Показатели	Промывка оборудования в цехе		Очистка отходящих газов водой в цехе № 3	Условно чистые воды цеха № 3	Растворение изотопов и обросы разбавленной H ₂ SO ₄ в цехе № 7	Переработка исходного сырья в цехе № 8	Переработка кремния и опытные работы в цехе № 8
	№ 2	№ 3					
Температура, °С	18	20	18	26	25	18	18
Цвет	Серый	Темно-серый	Серый	Бесцветный	Темно-серый с зеленым	Темно-зеленый	Бесцветный
Запах	Неопределенный	—	Без запаха	—	Хлора (слабый)	Соляной кислоты (слабый)	Аммиак (слабый)
Прозрачность, см	0	0	18	30	0	0	30
pH	<1	2,4	2	7	<1	<1	8
Кислотность, мг-экв/л	14 600	5900	4400	—	28 000	26 600	—
Жесткость общая, мг-экв/л	—	—	3,05	—	—	—	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:							
общие	28 900	4 750	95	0	39 220	261 000	0
прокаленные	26 300	4 020	47	—	30 220	208 000	—
потеря при прокаливании	2 600	730	48	—	9 000	53 000	—
Сухой остаток, мг/л:							
общий	133 300	24 010	4900	324	122 850	256 200	26 020
прокаленный	100 500	13 260	2440	—	106 040	120 800	13 050
потеря при прокаливании	32 800	10 750	2460	—	16 810	135 400	12 970

Характеристика сточных вод титано-магниевого завода
(цеховые стоки)

Показатели	Орошение отходящих газов в карнальном цехе		Орошение газов шахтных электропечей в карнальном цехе	Разбавление возгонов и сброс разбавленной H_2SO_4 в электролизном цехе	Промывка водой и разбавление в цехе восстановления
	1-е обезвоживание	2-е обезвоживание			
Температура, °С	40	36	25	32	33
Цвет	Бесцветный	Серый	Светло-коричневый	Желтоватый	Серо-зеленоватый
Запах		Без запаха		Хлора (слабый)	Без запаха
Прозрачность, см	30	2	0	1,5	0
pH	2,6	2,1	2,8	<1	2,5
Кислотность, мг-экв/л	4290	5620	3860	21 100	4350
Жесткость, мг-экв/л	—	—	—	—	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:					
общие	48,8	600	750	30 000	5 350
прокаленные	7,2	250	200	15 000	3 250
потеря при прокаливании	41,6	350	550	15 000	2 100
Сухой остаток, мг/л:					
общий	1885	2000	1500	71 500	39 050
прокаленный	381	660	650	49 000	31 240
потеря при прокаливании	1504	1340	850	22 500	7 810
Окисляемость по $KMnO_4$, мг О на 1 л	224	96	160	160	160
Хлор активный Cl, мг/л	0	8	60	1600	0
Магний Mg^{2+} :					
мг/л	130	66	170	16 200	2850
мг-экв/л	10,8	5,5	14,2	1350	237,5
Хлориды Cl^- :					
мг/л	1750	1700	1350	34 500	22 000
мг-экв/л	48,7	47,3	38,3	972	617
Сульфаты SO_4^{2-} :					
мг/л	—	—	—	26 600	—
мг-экв/л	—	—	—	554	—
Железо общее Fe, мг/л	—	—	—	1200	720
Медь Cu^{2+} , мг/л	—	—	—	—	—
Титан Ti, мг/л	—	—	—	—	50
Расход воды, м ³ /сутки	3600	2900	3400	35	800

Характеристика сточных вод титано-магниевых заводов
(цеховые стоки)

Показатели	Орошение отходящих газов водой в цехе восстановления	Условно чистые воды цеха восстановления	Орошение отходящих газов шахтных электродуговой и хлораторов в цехе хлорирования	Растворенные возгоны и отходы цеха хлорирования
Температура, °С	28	22	28	28
Цвет	Светло-коричневый	Бесцветный	Светло-серый	Темно-серый
Запах	Без запаха			Хлора
Прозрачность, см	18	30	5	1,3
pH	3,5	7	1,3	< 1
Кислотность, мг-экв/л	1600	—	13 100	16 200
Жесткость, мг-экв/л	—	2880	—	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	162	0	144	8 100
прокаленные	94	—	84	6 450
потеря при прокаливании	68	—	60	16 50
Сухой остаток, мг/л:				
общий	1220	364	1300	18 440
прокаленный	620	—	650	10 440
потеря при прокаливании	600	—	650	8 000
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	86	18	128	704
Хлор активный Cl, мг/л	0	0	0	150
Магний Mg^{2+} :				
мг/л	1360	—	—	13
мг-экв/л	113	—	—	1,1
Хлориды Cl^- :				
мг/л	1120	112	1270	17 120
мг-экв/л	31,2	3,15	36	482
Сульфаты SO_4^{2-} :				
мг/л	—	34	—	—
мг-экв/л	—	0,71	—	—
Железо общее, Fe, мг/л	30	—	20	6300
Медь Cu^{2+} , мг/л	—	—	—	100
Титан Ti, мг/л	480	—	210	800
Расход воды, м ³ /сутки	2000	—	4000	1000

Характеристика сточных вод предприятий редкометаллической промышленности

Показатели	Сточные воды цеха № 4 после регенерации		Сточные воды цеха № 6 после выщелачивания		
	анионитов	катионитов	1-я промывка	2-я промывка	3-я промывка
Цвет	Бесцветный				
Запах	Без запаха	Укуса (слабый)	Без запаха		
Прозрачность, см	>25	>25	25	22	25
pH	10,9	1,2	12,4	5,5	2,7
Кислотность, мг-экв/л	—	34,8	—	—	20,4
Щелочность, мг-экв/л	2,4	—	60	8,8	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:					
общие	—	—	52	114	34
прокаленные	—	—	44	80	21
потеря при прокаливании	—	—	8	34	13
Сухой остаток, мг/л:					
общий	2110	2710	39 030	12 280	10 320
прокаленный	2070	1170	37 840	910	3 600
потеря при прокаливании	40	1540	1 190	11 370	6 720
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	5,3	6,6	7,2	3,6	6,2
Азот аммонийный NH_4^+ :					
мг/л	0,8	2,5	14	28	11
мг-экв/л	0,04	0,14	0,78	1,56	0,61
Хлориды Cl^- :					
мг/л	33,3	85,1	11 000	3020	1030
мг-экв/л	0,94	2,4	310	85	29
Фториды F^- , мг/л	2,5	3,8	7500	2400	200
Полуторные окислы R_2O_3 , мг/л	12	0	—	—	—

Таблица I-56

**Характеристика сточных вод предприятий
редкометаллической промышленности**

Показатели	Сточные воды цеха № 6 после промывки от фтора			
	1-я промывка	2-я промывка	3-я промывка	4-я промывка
Цвет	Серый		Бесцветный	
Запах	Без запаха			
Прозрачность, см	2	3	13	25
pH	4,7	5,4	2,7	4,6
Кислотность, мг-экв/л	—	—	1,4	—
Щелочность, мг-экв/л	2,4	1	—	0,6
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	265	130	48	20
прокаленные	180	100	34	10
потеря при прокаливании	85	30	14	10
Сухой остаток, мг/л:				
общий	3510	3000	—	4930
прокаленный	2860	2460	—	140
потеря при прокаливании	650	540	—	4790
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	3,1	3,4	4,2	2,7
Азот аммонийный NH_4^+ :				
мг/л	8,4	44,8	—	490
мг-экв/л	0,46	2,5	—	27,2
Хлориды Cl^- :				
мг/л	1950	1690	—	130
мг-экв/л	55	47,6	—	3,66
Фториды F^- , мг/л	350	80	—	11

Таблица I-57

**Характеристика сточных вод предприятий
редкометаллической промышленности**

Показатели	Сточные воды цеха № 6. Промывка после азотной кислоты			Сточные воды цеха № 6. Промывка водой		
	1-я промывка	2-я промывка	3-я промывка	1-я промывка	2-я промывка	3-я промывка
Цвет	Бесцветный	Серый	Бесцветный	Серый	Черный	
Запах	Азотной кислоты			Без запаха		
Прозрачность, см	30	10,5	25	7	9,5	3,5
pH	1	0,8	3	6,1	4,5	5,2
Кислотность, мг-экв/л	147,4	436	0,3	—	—	—
Щелочность, мг-экв/л	—	—	—	10,2	0,8	1

Показатели	Сточные воды цеха № 6. Промывка после азотной кислоты			Сточные воды цеха № 6. Промывка водой		
	1-я про-мывка	2-я про-мывка	3-я про-мывка	1-я про-мывка	2-я про-мывка	3-я про-мывка
Грубодисперсные примеси, мг/л:						
общие	20	84	44	140	72	152
прокаленные	8,5	28	28	98	66	92
потеря при прокаливании	11,5	56	16	42	6	60
Сухой остаток, мг/л:						
общий	390	—	2340	4960	—	2610
прокаленный	16	—	74	4340	—	1800
потеря при прокаливании	374	—	2266	620	—	810
Окисляемость по $KMnO_4$, мг О на 1 л	10,3	50,4	9	4,5	4,7	4,4
Азот аммонийный NH_4^+ :						
мг/л	21	—	11,2	14	—	19,8
мг-экв/л	1,16	—	0,62	0,78	—	1,1
Хлориды Cl^- :						
мг/л	9,6	—	0	1362	—	1462
мг-экв/л	0,27	—	—	38,3	—	41,2
Фториды F^- , мг/л	9,5	—	9	300	—	90

Таблица 1-58

**Характеристика сточных вод предприятий
редкометаллической промышленности**

Показатели	Сточные воды цеха № 6. Промывка после плавиковой кислоты			
	1-я промывка	2-я промывка	3-я промывка	4-я промывка
Цвет	Беловатый		Бесцвет- ный	Серый
Запах	Резины (слабый)	Резины	Резины	(слабый)
Прозрачность, см	0,8	0,8	30	1,5
pH	2	2,2	2,4	2,2
Кислотность, мг-экв/л	200	91	20	43
Щелочность, мг-экв/л	—	—	—	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	250	112	26	154
прокаленные	160	48	18	124
потеря при прокаливании	90	64	8	30
Сухой остаток, мг/л:				
общий	19 940	7110	—	2570
прокаленный	7 740	4040	—	2360
потеря при прокаливании	12 200	3070	—	210
Окисляемость по $KMnO_4$, мг О на 1 л	17,9	10,5	8	8,5

Показатели	Сточные воды цеха № 6. Промывка после плавиковой кислоты			
	1-я промывка	2-я промывка	3-я промывка	4-я промывка
Азот аммонийный NH_4^+ :				
мг/л	14	14	—	14
мг-экв/л	0,72	0,72	—	0,72
Хлориды Cl^- :				
мг/л	12,8	3	—	8,1
мг-экв/л	0,36	0,08	—	0,23
Фториды F^- , мг/л	21 250	5000	—	3750

Таблица 1-59

Характеристика сточных вод свинцового плавильного завода № 1

Компоненты	Сток из электрофильтров после отстойника	Сток после охлаждения кессонов и грануляции шлака
Температура, °С	19	20
Цвет	Бесцветный, при стоянии мутнеет	Бесцветный
Запах	Сернистого газа	Без запаха
Прозрачность, см	1,2	0,8
pH	2,8	7,3
Кислотность, мг-экв/л	3,4	—
Щелочность, мг-экв/л	—	1
Грубодисперсные примеси, мг/л:		
общие	—	24
прокаленные	—	16
потеря при прокаливании	—	8
Сухой остаток, мг/л:		
общий	—	170
прокаленный	—	142
потеря при прокаливании	—	28
Окисляемость по KMnO_4 , мг О на 1 л	81,6	1,1
Кальций Ca^{2+} :		
мг/л	—	38,6
мг-экв/л	—	1,93
Магний Mg^{2+} :		
мг/л	—	3,5
мг-экв/л	—	0,29
Хлориды Cl^- :		
мг/л	—	25,5
мг-экв/л	—	0,72
Сульфаты SO_4^{2-} :		
мг/л	—	60,8
мг-экв/л	—	1,27

Компоненты	Сток из электрофильтров после отстойника	Сток после охлаждения кессонов и грануляции шлака
Сероводород H_2S , мг/л	Очень мало	—
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,67	0,4
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,1	0,07
Мышьяк As , мг/л	0	0
Расход воды, м ³ /сутки	48—72	2400—2880

Таблица 1-60

Характеристика сточных вод свинцового плавильного завода № 2

Показатели	Охлаждающая вода	Оборотная вода из шруда
Цвет	Бесцветный	
Запах	Без запаха	
Прозрачность, см	20	>25
pH	7,2	7
Щелочность, мг-эка/л	1,4	1,2
Жесткость, мг-эка/л:		
общая	—	—
карбонатная	1,4	1,2
Грубодисперсные примеси, мг/л:		
общие	122	Сл.
прокаленные	115	—
потеря при прокаливании	7	—
Сухой остаток, мг/л:		
общий	92	120
прокаленный	52	92
потеря при прокаливании	40	28
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:		
натуральной	16,9	11,1
фильтрованной	7,8	8,8
Кальций Ca^{2+} :		
мг/л	1,4	1,2
мг-эка/л	0,07	0,06
Магний Mg^{2+} :		
мг/л	—	—
мг-эка/л	—	—
Хлориды Cl^- :		
мг/л	3	6
мг-эка/л	0,08	0,16
Сульфаты SO_4^{2-} :		
мг/л	—	—
мг-эка/л	—	—

Показатели	Охлаждающая вода	Оборотная вода из пруда
Бикарбонаты HCO_3^- :		
мг/л	85,4	73,2
мг-экв/л	1,4	1,2
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,8	0,01
Свинец Pb^{2+} , мг/л	1,6	0,43

Таблица 1-61

Характеристика сточных вод свинцового плавильного завода № 3

Показатели	Сток после охлаждения ватержакетов	Сбщий сток с дуайт-лойда
Температура, °С	23	20
Цвет	Грязно-серый	Слегка опалесцирующий
Запах	Без запаха	
pH	8,2	8,3
Щелочность, мг-экв/л:		
общая	3,25	3,15
карбонатная	0	0,08
Грубодисперсные примеси, мг/л:		
общие	104	181
прокаленные	49	173
потеря при прокаливании	55	8
Сухой остаток, мг/л:		
общий	276	478
прокаленный	196	380
потеря при прокаливании	80	98
Окисляемость по KMnO_4 , мг O на 1 л	1,2	1,6
Кальций Ca^{2+} :		
мг/л	84,3	102,9
мг-экв/л	4,21	5,15
Хлориды Cl^- :		
мг/л	11	12
мг-экв/л	0,31	0,34
Сульфаты SO_4^{2-} :		
мг/л	49	53
мг-экв/л	1,02	1,1
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	9	9
Железо общее Fe, мг/л	0,1	0
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,052	—
Свинец Pb^{2+} , мг/л	4,2	4,9
Цинк Zn^{2+} , мг/л	0,62	—
Мышьяк As, мг/л	0,032—0,07	0,76
Сурьма Sb, мг/л	Сл.	0,1
Расход воды, м ³ /сутки	690—860	—

Т а б л и ц а 1-62

Характеристика сточных вод свинцового плавильного завода № 4

Показатели	Тушение шлака из ватержакетов	Агломерационное отделение, из отстойника мокрого пылеуловителя
Цвет	Грязно-серый	Желтоватый
Запах	Сернистый	Без запаха
pH	8,2	8,1
Щелочность, общая, мг-экв/л	3	3,1
Грубодисперсные примеси, мг/л:		
общие	104	202
прокаленные	63	181
потеря при прокаливании	41	21
Сухой остаток, мг/л:		
общий	407	379
прокаленный	375	347
потеря при прокаливании	32	32
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	1,1	1,4
Хлориды Cl^- :		
мг/л	15	12
мг-экв/л	0,42	0,34
Сульфаты SO_4^{2-} :		
мг/л	94	86
мг-экв/л	1,96	1,79
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	8	5
Железо общее Fe, мг/л	0,2	0
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,18	0,05
Свинец Pb^{2+} , мг/л, в воде:		
натуральной	98,4	31,2
отстойной	10,6	4,5
Цинк Zn^{2+} , мг/л	10,02	6,57
Кадмий Cd^{2+} , мг/л	0	0
Марганец Mn, мг/л	0	0
Мышьяк As, мг/л	0,05	0,18
Сурьма Sb, мг/л	—	Следы
Расход воды, м ³ /сутки	—	150

Т а б л и ц а 1-63

Характеристика сточных вод свинцового плавильного завода № 5

Показатели	Охлаждение кессонов и тушение шлака	Агломерационное отделение	Сток газоочистки свинцового цеха	Общий сток свинцового цеха (без газоочистки)
Температура, °C	16,5—26	14—21	15	14—21
Цвет	Серый	Серо-желтый	Зелено-ваточерный	Серо-желтый

Показатели	Охлаждение кессонов и тушение шлака	Агломера- ционное отделение	Сток газо- очистки свиного цеха	Общий сток свиного цеха (без га- зоочистки)
Запах	Без запаха		—	Без запаха
Прозрачность, см	1	0,8	0	1,2
pH	8	8	8,4	8
Щелочность, мг-экв/л	7	5,6	16,4	5,6
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	548	32	8 250	66
прокаленные	540	16	76 480	30
потеря при прокаливании	8	16	6 040	36
Сухой остаток, мг/л:				
общий	2896	2772	8 240	2660
прокаленный	2236	2148	7 856	2048
потеря при прокаливании	660	624	384	612
Окисляемость по KMnO_4 , мг O на 1 л, в воде:				
натуральной	16,3	11,9	3392	9,7
отстоенной	11	10,9	225	6,4
Хлориды Cl^- :				
мг/л	440	417	1660	409
мг-экв/л	12,4	11,8	46,8	11,5
Сульфаты SO_4^{2-} :				
мг/л	1096	1097	2287	1063
мг-экв/л	22,8	22,8	47,8	22,1
Бикарбонаты HCO_3^- :				
мг/л	427	342	1000	342
мг-экв/л	7	5,6	16,4	5,6
Железо общее Fe, мг/л, в воде:				
натуральной	9	5,6	270,3	5,4
фильтрованной	1,6	1,6	1,2	2,8
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:				
натуральной	0,02	0,04	0,13	0,04
фильтрованной	0,02	0,04	0,04	0,03
Свинец Pb^{2+} , мг/л, в воде:				
натуральной	3,9	5	1680	4,4
фильтрованной	0,07	0,09	25	0,08
Цинк Zn^{2+} , мг/л, в воде:				
натуральной	1,9	7,3	3,9	2,5
фильтрованной	1,03	7,2	0,77	1,4
Кадмий Cd^{2+} , мг/л, в натуральной во- де	Сл.	—	4,5	—
Мышьяк As, мг/л, в воде:				
натуральной	0,02	0	1,3	0
фильтрованной	0	0	0	0
Расход воды, м ³ /сутки	—	—	430	2350

Таблица I-64

Характеристика сточных вод сернокислотного производства

Показатели	После оросительных холодильников	Общий сток охлаждающей воды
Температура, °С	25	—
Цвет	Желтый	Бесцветный
Запах	Без запаха	
Прозрачность, см	0	15
pH	7,6	7,6
Щелочность, мг-экв/л:		
общая	2,8	0,72
карбонатная	—	0
Грубодисперсные примеси, мг/л:		
общие	3500	19
прокаленные	3080	16
потеря при прокаливании	420	3
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	1,1	—
Сухой остаток, мг/л:		
общий	790	150
прокаленный	560	130
потеря при прокаливании	230	20
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:		
отстоенной	67,5	2,4
фильтрованной	62,7	—
Сера общая S, мг/л	69,3	—
Хлориды Cl^- :		
мг/л	306 *	5,8
мг-экв/л	8,62	0,16
Сульфаты SO_4^{2-} :		
мг/л	122	45,6
мг-экв/л	2,54	0,95
Железо общее Fe, мг/л	—	0,26
Медь Cu^{2+} , мг/л	—	0,12
Никель Ni^{2+} , мг/л	—	0,2
Расход воды, м ³ /сутки	—	7000

* С селеном.

Таблица I-65

Характеристика сточных вод сернокислотного производства

Показатели	Холодильники промывного отделения	Оросительные холодильники моногидрата и олеума	Охлажденные компрессоров и печей для подогрева газа
Температура, °С	14	19	11
Цвет		Мутноватый	
Запах		Без запаха	

Показатели	Холодильники промывного отделения	Оросительные холодильники моногидрата и олеума	Охлаждение компрессоров и печей для подогрева газа
pH	7,2	8,9	8,2
Щелочность общая, мг-экв/л	3,2	3,3	3,5
Сухой остаток, мг/л:			
общий	352	324	315
прокаленный	122	112	230
потеря при прокаливании	130	112	86
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	1,12	1,04	1,28
Хлориды Cl^- :			
мг/л	15	15	14
мг-экв/л	0,42	0,42	0,4
Сульфаты SO_4^{2-} :			
мг/л	74	50	48
мг-экв/л	1,54	1,04	1
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	13	13	13
Железо общее Fe, мг/л	0,4	0,5	0,5

Т а б л и ц а 1-66

Характеристика сточных вод сернокислотного производства

Показатели	Оборотная вода из холодильников серной кислоты	Сточная вода газоочистки сернокислотного цеха	
		до отстаивания	после отстаивания
Температура, °C	14,5—16	22—23	22
Цвет	Серо-желтый	Бесцветный	
Запах	Без запаха	Сернистого газа	
Прозрачность, см	0,8	0	0
pH	8	2,8	2,3
Кислотность, мг-экв/л	—	3,4	2,4
Щелочность, мг-экв/л	6,5	—	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:			
общие	6	1336	2832
прокаленные	6	1240	2512
потеря при прокаливании	0	96	320
Сухой остаток, мг/л:			
общий	2752	3180	3528
прокаленный	2072	2392	2892
потеря при прокаливании	680	788	636
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:			
натуральной	11	17,5	26,8
отстойной	9,1	10	12,7

Показатели	Оборотная вода из хлоридильников серной кислоты	Сточная вода газоочистки сернокислотного цеха	
		до отстойника	после отстойника
Хлориды Cl^- :			
<i>мг/л</i>	434	446	440
<i>мг-экв/л</i>	12,2	12,6	12,4
Сульфаты SO_4^{2-} :			
<i>мг/л</i>	1088	1607	2107
<i>мг-экв/л</i>	23,1	33,5	43,9
Бикарбонаты HCO_3^- :			
<i>мг/л</i>	397	—	—
<i>мг-экв/л</i>	6,51	—	—
Железо общее Fe, <i>мг/л</i> , в воде:			
натуральной	2,6	3,6	5,2
фильтрованной	0,8	2,4	2,4
Медь Cu^{2+} , <i>мг/л</i> , в воде:			
натуральной	0,02	1	2,4
фильтрованной	0,02	1	2
Свинец Pb^{2+} , <i>мг/л</i> , в воде:			
натуральной	0,023	927,5	2528
фильтрованной	0,013	4,5	3,8
Цинк Zn^{2+} , <i>мг/л</i> , в воде:			
натуральной	0,65	32	60
фильтрованной	0,55	10	20
Кадмий Cd^{2+} в натуральной воде, <i>мг/л</i>	Сл.	8	18,5
Мышьяк As, <i>мг/л</i> , в воде:			
натуральной	0	17	39
фильтрованной	0	12	37,5
Расход воды, <i>м³/сутки</i>	8250	1760	—

ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ СБРОСА НЕОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД
ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НА СОСТАВ
ВОДЫ ВОДОЕМОВ
(расчетные данные)

Таблица II-1

Влияние сброса неочищенных шахтных вод полиметаллического комбината
на речную воду

Показатели	Речная вода		Изменение показателя
	выше сброса шахтных вод	ниже сброса шахтных вод	
Цвет	Бесцветный		Без изменения
Запах	Без запаха		» »
pH	6,6	6,7	Незначительное повышение
Щелочность, мг-эquiv/л	0,7	0,9	То же
Жесткость общая, мг-эquiv/л	0,7	1,1	Повышение
Грубодисперсные примеси, мг/л:			
общие	3	11	} Увеличение
прокаленные	1	3	
потеря при прокаливании	2	8	
Сухой остаток, мг/л:			
общий	50	84	} »
прокаленный	40	58	
потеря при прокаливании	10	26	
Окисляемость по $KMnO_4$ в фильтрованной воде, мг O на 1 л	0,5	1,8	»
Кальций Ca^{2+} :			
мг/л	9	12	} »
мг-эquiv/л	0,45	0,6	
Магний Mg^{2+} :			
мг/л	3	6	} Увеличение в 2 раза
мг-эquiv/л	0,25	0,49	
Хлориды Cl^- :			
мг/л	4,2	6,7	} Увеличение
мг-эquiv/л	0,12	0,19	
Сульфаты SO_4^{2-} :			
мг/л	6	9,6	} »
мг-эquiv/л	0,13	0,2	

Таблица II-2

**Влияние сброса неочищенных сточных вод
гравитационной обогатительной фабрики оловокомбината
на речную воду**

Показатели	Речная вода		Изменение показателя
	выше сброса сточных вод	ниже сброса сточных вод на расстоянии 8 км	
Температура, °С	2	2	—
Цвет	Светло-желтоватый	Серый	Помутнение
Запах	Без запаха		—
Прозрачность, см	> 25	0	Помутнение
pH	7,9	7,6	Снижение
Щелочность, мг-экв/л	0,8	1,5	Повышение
Грубодисперсные примеси, мг/л:			
общие	Сл.	1160	} Увеличение более чем в 1000 раз
прокаленные	—	1080	
потеря при прокаливании	—	80	
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	0	0,06	Увеличение
Сухой остаток, мг/л:			
общий	120	230	} Увеличение в 2 раза
прокаленный	100	190	
потеря при прокаливании	20	40	
Окисляемость по KMnO_4 в натуральное воде, мг O на 1 л	7	8,8	Незначительное увеличение
Кислород растворенный, мг O_2 на 1 л	11,7	9,5	Снижение
БПК ₅ , мг O на 1 л	1,87	1,96	Незначительное увеличение
Хлориды Cl^- :			
мг/л	10	10	—
мг-экв/л	0,28	0,28	—
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0	0,06	Незначительное увеличение

Влияние сброса неочищенных сточных вод оловокомбината на речную воду

Показатели	Речная вода		Ниже сброса сточных вод на расстоянии, км			Изменение показателя
	выше сброса сточных вод	в месте сброса сточных вод	9	40		
				20	40	
Температура, °С	9	10	9	12	13	Без изменения
Цвет	Бесцветный	Глины		Желтый		Помутнение
Запах			Без запаха			Без изменения
Прозрачность, см	>30	1,0	4	21	23	Помутнение
pH	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	Без изменения
Щелочность, мг-экв/л	0,25	0,3	0,6	0,6	0,6	Незначительное повышение
Грубодисперсные примеси, мг/л:						
общие	Ст.	900	220	55	20	Резкое повышение с дальнейшим осветлением
прокаленные	—	850	210	54	19	
потери при прокаливании	—	50	10	1	1	
Сухой остаток, мг/л:						
общий	20	56	49	62	60	Повышение в 2—3 раза
прокаленный	14	30	22	28	28	
потери при прокаливании	6	26	27	34	32	

Показатели	Речная вода		Ниже сброса сточных вод на расстоянии, км			Изменение показателя
	выше сброса сточных вод	в месте сброса сточных вод	9	20	40	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:						
натуральной	—	9,8	6,2	5,7	5,7	Практически без изменения
отстойной	6,1	5,0	5,0	5,6	5,5	
фильтрованной	—	3,5	4,8	3,6	4,9	
Кислород растворенный, мг O ₂ на 1 л	10	9,5	9,6	9,2	8,7	Незначительное снижение
Насыщение кислородом, %	86	84	84,3	85,3	82,5	
БПК, мг O на 1 л	2,6	1,2	0,8	2,0	0,7	
Азот аммонийный NH_4^+ :						
мг/л	0,45	0,3	0,5	0,3	0,3	Примерно то же
мг-экв/л	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	
Углекислота свободная CO ₂ :						
мг/л	4,4	4,4	4,4	4,4	6,6	Без изменения
мг-экв/л	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	
Кальций Ca^{2+} :						
мг/л	2,1	4,3	3,6	3,9	4,3	Практически незначительное увеличение
мг-экв/л	0,1	0,2	0,18	0,19	0,21	
Магний Mg^{2+} :						
мг/л	1,1	1,5	1,7	1,2	1,3	Незначительное увеличение
мг-экв/л	0,1	0,12	0,16	0,11	0,11	

Показатели	Речная вода		Нижне сброса сточных вод на расстоянии, км			Изменение показателя
	выше сброса сточных вод	в месте сброса сточных вод	9	40		
				20	40	
Хлориды Cl^- :						
мг/л	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	} Без изменения
мг-экв/л	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	
Сульфаты SO_4^{2-} :						
мг/л	1,4	2,5	3,1	5,2	2,1	} Незначительное увеличение
мг-экв/л	0,03	0,05	0,06	0,11	0,04	
Фосфаты PO_4^{3-} :						
мг/л	0,08	0,06	0,06	0,11	0,08	} Без изменения
мг-экв/л	0,002	0,001	0,001	0,003	0,002	
Бикарбонаты HCO_3^- :						
мг/л	15,3	18,3	36,6	36,6	36,6	} Увеличение в 2 раза
мг-экв/л	0,25	0,3	0,6	0,6	0,6	
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	10	8	10	10	10	
Кальций + натрий по разности Na^+ :						
мг/л	4,6	3,2	9,9	12	9,9	} Увеличение в 2 раза
мг-экв/л	0,20	0,14	0,43	0,52	0,43	
Железо, мг/л:						
общее Fe	0,20	1,71	1,25	0,5	0,7	} Увеличение
закисное Fe^{2+}	0,10	0,11	0,1	0,1	0,1	
окисное Fe^{3+}	0,10	1,6	1,15	0,4	0,6	} Без изменения
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,12	0,13	0,12	0,08	0,08	
Свинец Pb^{2+} , мг/л	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	} »
Мышьяк As, мг/л	0	0	0	0	0	

**Влияние сброса неочищенных сточных вод
свинцово-цинковых обогатительных фабрик № 1 и 2
на речную воду**

Показатели	Речная вода		Изменение показателя
	выше сброса сточных вод из хвостохранилища	ниже сброса сточных вод обогатительных фабрик	
Цвет	Слабо-желтоватый мутный	Желто-мутный	Увеличение мутности
Запах	Без запаха		—
Прозрачность, см	7,5	1,0	Резкое снижение
pH	7,2	7,3	Тенденция к увеличению
Щелочность, мг-экв/л	0,6	1,0	Увеличение
Жесткость, мг-экв/л:			
общая	0,72	1,36	—
карбонатная	0,6	1,0	—
постоянная	0,12	0,36	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:			
общие	120	570	Увеличение примерно в 5 раз
прокаленные	76	480	
потеря при прокаливании	44	90	
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	—	0,06	—
Сухой остаток, мг/л:			
общий	66	175	Увеличение примерно в 3 раза
прокаленный	48	143	
потеря при прокаливании	18	32	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л в воде:			
натуральной	5,3	14,6	То же
отстоенной	3,8	8,0	
Кальций Ca^{2+} :			
мг/л	11,6	22,3	Увеличение в 2 раза
мг-экв/л	0,55	1,1	
Магний Mg^{2+} :			
мг/л	2	3,1	Увеличение в 1,5 раза
мг-экв/л	0,17	0,26	

Показатели	Речная вода		Изменение показателя
	выше сброса сточных вод из хвостохранилища	ниже сброса сточных вод обогатительных фабрик	
Хлориды Cl^- мг/л	4,2	27,6	} Увеличение в 7 раз
мг-экв/л	0,12	0,8	
Сульфаты SO_4^2 мг/л	15,6	36,2	} Увеличение в 2 раза
мг-экв/л	0,3	0,7	
Бикарбонаты HCO_3^- : мг/л	33,5	61	—
мг-экв/л	0,6	1,0	—
Роданиды CNS^- , мг/л	—	0,3	} Появление за счет флотореагентов
Железо общее Fe, мг/л	—	0,1	
Медь Cu^{2+} , мг/л	—	0,23	
Свинец Pb^{2+} , мг/л	—	0,1	
Цинк Zn^{2+} , мг/л	—	0,03	
Мышьяк As, мг/л	—	0	—
Крезол в пересчете на фенол, мг/л	—	0,34	} Появление за счет флотореагентов
Сосновое масло, мг/л	—	8	
Ксантогенат, мг/л	—	0,14	
Дитиофосфат, мг/л	—	0,9	

Таблица II-5

**Влияние сброса неочищенных сточных вод
свинцово-цинковой обогатительной фабрики № 3
на речную воду**

Показатели	Речная вода		Наименование показателя
	выше сброса сточных вод из хвостохранилища	ниже сброса сточных вод из хвостохранилища	
Цианиды CN, мг/л	—	2,1	} Появление за счет применяемых флотореагентов
Железо общее Fe, мг/л	0	0	
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,2	0,4	Увеличение в 2 раза
Цинк Zn^{2+} , мг/л	0,15	0,95	Увеличение
Фенолы, мг/л	—	0,5	Появление

Влияние сброса неочищенных сточных вод свинцово-цинковой обогатительной фабрики № 4 на воды 1-й и 2-й рек

Показатели	1-я река				2-я река			
	выше сброса сточных вод	ниже сброса сточных вод	ниже сброса сточных вод при впадении во 2-ю реку	изменение показателя	выше впадения 1-й реки	виде впадения 1-й реки на 150 км	ниже впадения 1-й реки	изменение показателя
Температура, °С	12	—	17	—	7	7	—	Без изменения
Цвет	Мутный	Мутный	Мутный	»	Мутно-бурый	»	»	»
Запах	Без запаха	Без запаха	Без запаха	»	Без запаха	»	»	»
Прозрачность, см	4,5	4,5	5	»	0	0	0	»
pH	7,9	8,1	8	Практически	7,9	8,2	8	Практически без
Щелочность, мг-экв/л	2,9	2,8	2,7	без изменения	3,5	2,6	2,9	изменения
Грубодисперсные примеси, мг/л:								
общие	70	34	54	Разбавление более осветленной водой из хвостохранилища	5180	6840	4780	То же
прокаленные	62	26	44		4760	6410	4320	
потеря при прокаливании	8	8	10		420	430	460	
Сухой остаток, мг/л:								
общий	640	600	610	Практически без изменения	234	196	236	Практически без изменений
прокаленный	480	430	420		178	144	174	
потеря при прокаливании	160	170	190		56	52	62	
Окисляемость по КМnO ₄ в отстоянной воде, мг О на 1 л	3,6	4,4	4,9	Незначительное увеличение	8,7	8,3	13,5	Увеличение не за счет речной воды

Показатели	1-я река			2-я река			изменение показателя
	выше сброса сточных вод	ниже сброса сточных вод	ниже сброса сточных вод при впадении во 2-ю реку	выше впадения 1-й реки	ниже впадения 1-й реки на 100 км	ниже впадения 1-й реки	
Кислород растворенный, мг O ₂ на 1 л	11,1	11	10,4	8,8	9	7,9	Без изменения
БПК ₂₀ , мг O на 1 л	1,6	2,7	1,8	—	—	2,8	—
Кальций Са ²⁺ мг/л	81,1	76,7	72,9	68,3	50,9	60,7	Уменьшение
мг-экв/л	4,1	3,8	3,6	3,4	2,5	3	
Магний Mg ²⁺ мг/л	43,8	34,5	35,9	9,2	8,3	7,9	»
мг-экв/л	3,6	2,9	3	0,8	0,7	0,66	
Хлориды Cl ⁻ мг/л	117,2	91,9	99	6,1	6,1	7,1	Практически без изменения
мг-экв/л	3,3	2,6	2,8	0,17	0,17	0,2	
Сульфаты SO ₄ ⁻ мг/л	176,1	181,9	187,6	24,7	23	28	То же
мг-экв/л	3,66	3,7	3,8	0,5	0,47	0,57	
Цианиды CN ⁻ , связанные в комплекс с Cu, мг/л	—	0,2	—	—	0,06	0	Появление за счет сточных вод
Медь Cu, связанная в комплекс с CN ⁻ , мг/л	—	0,4	0,3	—	0,07	0,08	То же
Роданиды CNS ⁻ , мг/л	—	5	—	—	—	—	То же

Показатели	1-я река			2-я река			
	выше сброса сточных вод	ниже сброса сточных вод при впадении во 2-ю реку	изменение показателя	выше впадения 1-й реки	ниже впадения 1-й реки на 150 км	ниже впадения 1-й реки	изменение показателя
Крезол в пересчете на фенол, мг/л	—	0,06—0,08	Появление за счет сточных вод	—	0	0	Без изменения
Ксантогенат, мг/л	—	0,01	То же	—	0	0	»
Дитиофосфат, мг/л	—	0,04	»	—	0	0	»

Таблица 11-7
Влияние сброса неочищенных сточных вод свинцово-цинковой обогатительной фабрики № 10 на воды 1-й и 2-й рек

Показатели	1-я река			2-я река			
	выше сброса сточных вод	ниже сброса сточных вод	изменение показателя	выше впадения 1-й реки и сброса сточных вод	ниже впадения 1-й реки и сброса сточных вод на 0,5 км	при впадении в море	изменение показателя
Температура, °С	15	21	Повышение	12	14	14	Повышение
Цвет	Бесцветный	Серомутный	—	Бесцветный	Желтоватый	Слаботоватый	Помутнение

Показатели	1-я река			2-я река			изменение показателя
	выше сброса сточных вод	ниже сброса сточных вод	изменение показателя	выше сброса сточных вод	ниже сброса сточных вод на 0,5 км	при выпадении в море	
Кальций Ca ²⁺ :							
мг/л	21,6	36	Увеличение	10,8	12,6	19,2	Увеличение
мг-экв/л	1,08	1,8		0,54	0,63	0,96	
Магний Mg ²⁺ :							
мг/л	4,1	3,15	Снижение	3,2	8,9	0,3	Увеличение с
мг-экв/л	0,34	0,26		0,27	0,74	0,02	дальнейшим снижением
Хлориды Cl ⁻ :							
мг/л	2	2	Без изменения	2	2	22	Увеличение
мг-экв/л	0,06	0,06		0,06	0,06	0,62	
Сульфаты SO ₄ ²⁻ :							
мг/л	16,8	—	—	5	—	—	—
мг-экв/л	0,34	—	—	0,1	—	—	—
Бикарбонаты HCO ₃ ⁻ :							
мг/л	73,2	158,6	Увеличение в 2 раза	48,8	91,5	79,3	Увеличение в 2
мг-экв/л	1,2	2,6		0,8	1,5	1,3	раза
Цианиды CN, мг/л:							
свободные	—	0,12	Появление	—	0	0	Появление
связанные в комплекс	—	0,43	»	—	0,12	0,1	»
Медь Cu, связанная в комплекс с CN, мг/л	—	0,58	»	—	0,15	0,15	Снижение
Медь Cu ²⁺ , мг/л	—	0	—	0,04	0	—	Появление
Свинец Pb ²⁺ , мг/л	—	0,76	Появление	—	0,47	0,23	»
Крезол в пересчете на фенол, мг/л	—	0,88	»	0	0,17	0,05	»
Ксантогенат, мг/л	—	0,02	»	—	Сл.	0	—

Показатели	Речная вода				Изменение показателя	
	выше сброса сточных вод	ниже сброса 1-х хвостовых стоков на расстоянии 0,2 км от фабрики	ниже сброса 2-х хвостовых стоков на расстоянии 2 км от фабрики	ниже сброса сточных вод на 7 км		ниже сброса сточных вод на 25 км
Щелочность, мг-экв/л	2	2,2	2,2	2,2	2,2	Незначительное увеличение
Жесткость, мг-экв/л						
общая	2,6	2,6	3,2	2,9	4,6	Увеличение
карбонатная	2	2,2	2,2	2,2	2,2	
постоянная	0,6	0,4	1	0,7	2,4	
Грубодисперсные примеси, мг/л.						Увеличение примерно в 100 раз
общие	7	556	422	768	542	
прокаленные	4	484	364	708	464	
потеря при прокаливании	3	72	58	60	78	Незначительное увеличение
Сухой остаток, мг/л.						
общий	224	258	278	248	352	
прокаленный	199	226	240	220	308	Увеличение
потеря при прокаливании	25	32	38	28	44	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:						Увеличение
натуральной	1	32	62	63	60	
отстоенной	0,5	2	2	1,8	3,8	

Показатели	Речная вода					Измененные показатели
	выше сброса сточных вод	ниже сброса 1-х хвостовых стоков на расстоянии 0,2 км от фабрики	ниже сброса 2-х хвостовых стоков на расстоянии 2 км от фабрики	ниже сброса сточных вод на 7 км	ниже сброса сточных вод на 25 км	
Кислород растворенный, мг O ₂ на 1 л	10,3	11,2	10,6	11,2	9,4	Практически без изменения Увеличение
Насыщение кислородом, %	72,6	76,7	74,6	78,6	65,7	
БПК ₅ , мг О на 1 л	—	1,63	0,98	2,8	3,1	
Азот аммонийный NH ₄ ⁺ : мг/л	0,19	0,26	0,02	0,19	0,32	Очень незначительное увеличение
мг-экв/л	0,01	0,015	0,001	0,01	0,02	
Сероводород связанный H ₂ S, мг/л	0	5,2	5,2	5,2	4,3	Появление
Кальций Ca ²⁺ : мг/л	33,4	35,4 *	46,6	37,4	65	
мг-экв/л	1,67	1,77	2,33	1,87	3,25	
Магний Mg ²⁺ : мг/л	11,4	10	10	12,5	15,9	Увеличение
мг-экв/л	0,95	0,83	0,83	1,04	1,33	
Хлориды Cl ⁻ : мг/л	9,5	9,8	7,9	7,9	7,9	Незначительное уменьшение
мг-экв/л	0,27	0,28	0,22	0,22	0,22	
Сульфаты SO ₄ ²⁻ : мг/л	32,9	47,7	60,9	43,6	133,3	Увеличение
мг-экв/л	0,68	1	1,27	0,9	2,78	

**Влияние сброса неочищенных сточных вод
свинцово-цинковой обогатительной фабрики № 12
на речную воду**

Показатели	Речная вода		Изменение показателя
	выше сброса общего стока	ниже сброса общего стока	
Цвет	Беловатый	Желтый	Изменение
Запах	Без запаха		Без изменения
Прозрачность, см	—	0	—
pH	6,9	8,4	Повышение
Щелочность, мг-экв/л	2	2,3	Незначительное повышение
Грубодисперсные примеси, мг/л:			
общие	32	250	} Увеличение в 8 раз
прокаленные	24	200	
потеря при прокаливании	8	50	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:			
натуральной	3	7	} Увеличение более, чем в 2 раза
фильтрованной	—	7	
Кальций Ca^{2+} :			
мг/л	39	39	} Без изменения
мг-экв/л	1,95	1,95	
Магний Mg^{2+} :			
мг/л	10,2	10,2	} То же
мг-экв/л	0,93	0,93	
Хлориды Cl^- :			
мг/л	6	6	} « »
мг-экв/л	0,17	0,17	
Сульфаты SO_4^{2-} :			
мг/л	24	24	} « »
мг-экв/л	0,5	0,5	
Медь Cu^{2+} в натуральной воде, мг/л	0	1,2	Появление за счет грубодисперсных примесей
Свинец Pb^{2+} , мг/л, в воде:			
натуральной	0	5	} Появление за счет тонкой мутности
фильтрованной	0	0	
Фенол в фильтрованной воде, мг/л	0	0,3	} Появление
Расход воды, м ³ /сутки	1040— 300 000	До 300000	

Влияние сброса неочищенных сточных вод цинковых обогатительных фабрик № 14 и 15 на речную воду

Показатели	Речная вода		Изменение показателя
	выше сброса осветленных сточных вод	ниже сброса осветленных сточных вод	
Цианиды CN, мг/л	—	1,2	Появление за счет флотореагентов, применяемых при обогащении
Железо общее Fe, мг/л	0	—	
Медь Cu ²⁺ , мг/л	0	1,13	
Свинец Pb ²⁺ , мг/л	0	0	
Цинк Zn ²⁺ , мг/л	0	3,22	
Фенолы, мг/л	—	2	

Т а б л и ц а П-10
Влияние сброса неочищенных сточных вод свинцово-цинковых обогатительных фабрик № 19 и 20 на речную воду

Показатели	Речная вода					Изменения показателя
	выше сброса сточных вод	ниже сброса 1-х хвостовых стоков на расстоянии 0,2 км от фабрики	ниже сброса 2-х хвостовых стоков на расстоянии 2 км от фабрики	ниже сброса сточных вод на 7 км	ниже сброса сточных вод на 25 км	
Температура, °С	1	1	1	1	1	Без изменения
Цвет	Бесцветный	Серый				Помутнение
Запах		Без запаха				Без изменения
Прозрачность, см	18,8	1,3	1,4	1,3	0,5	Помутнение
pH	8	7,9	8,2	8,2	8,2	Без изменения

Показатели	Речная вода					Изменение показателя
	выше сброса сточных вод	ниже сброса сточных вод на расстоянии 0,2 км от фабрики	ниже сброса сточных вод на расстоянии 2 км от фабрики	ниже сброса сточных вод на 7 км	ниже сброса сточных вод на 25 км	
Карбонаты CO_3^{2-}:						
мг/л	15	15	15	15	15	} Без изменений
мг-экв/л	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Бикарбонаты HCO_3^-:						
мг/л	122	134,2	134,2	134,2	134,2	} Незначительное увеличение
мг-экв/л	9	9	9	9	9	
Кремнекислота SiO_2, мг/л						
Калий + натрий по разности Na^+:						
мг/л	19,4	31,4	23,9	21,1	21,1	} Незначительное увеличение
мг-экв/л	0,85	1,36	1,04	0,92	0,91	
Цианиды CN^-, мг/л	0	0,15	0,2	0,2	0,2	} Появление
Роданиды CNS^-, мг/л	0	0,3	0,45	0,4	0,4	
Железо Fe, мг/л:						
общее	1,3	6,5	5,5	6	5,4	} Увеличение в 4 раза
окисное	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
закисное	1,2	6,4	5,4	5,9	5,3	} » 10 раз
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,04	0,64	0,56	0,2	0,4	
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0	0,03	Сл.	0,02	Сл.	} Появление следов
Цинк Zn^{2+} , мг/л	0	0,64	Сл.	0,32	0,74	
Мышьяк As, мг/л			Сл.			} Без изменения
Сосновое масло, мг/л	0	1,7	1,9	1,5	1,2	
Крезол в пересчете на фенол, мг/л	0	0,18		Сл.	Сл.	»

Влияние сброса неочищенных сточных вод свинцово-цинковой обогатительной фабрики № 30 на речную воду

Показатели	Речная вода		Изменение показателя
	выше сброса сточных вод фабрики	ниже сброса сточных вод фабрики	
Температура, °С	0	0	Без изменения
Цвет	Бесцветный	»	»
Запах	Без запаха	Неопределенный	Чуть пахнет
Прозрачность, см	>30	0,5	Помутнение
pH	7,0	7,1	Без изменения
Щелочность, мг-экв/л	0,4	0,8	Увеличение в 2 раза
Жесткость, мг-экв/л:			
общая	0,6	0,9	» » 2 »
карбонатная	0,4	0,8	» » 2 »
постоянная	0,2	0,1	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:			
общие	Сл.	390	} Увеличение в 400 раз
прокаленные	—	340	
потеря при прокаливании	—	50	
Сухой остаток, мг/л:			
общий	40	98	} Увеличение более чем в 2 раза
прокаленный	32	58	
потеря при прокаливании	8	40	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	0,9	5,2	Увеличение в 5 раз
Кислород растворенный, мг O_2 на 1 л	13,2	11,6	Снижение
Насыщение кислородом, %	90,2	89,2	Незначительное снижение
БПК ₅ O, мг/л	1,0	4,1	Увеличение
Азот аммонийный NH_4^+ , мг/л	0,4	6,0	»
Хлориды Cl^- :			
мг/л	4,2	4,2	} Без изменения
мг-экв/л	0,11	0,11	
Сульфат SO_4^{2-} :			
мг/л	6,2	31	} Увеличение в 5 раз
мг-экв/л	0,13	0,63	
Бикарбонаты HCO_3^- :			
мг/л	24,4	48,8	} Увеличение 2 раза
мг-экв/л	0,39	0,77	
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	7	8	Без изменения
Цианиды CN, мг/л:			
свободные	0	0,9	} Появление
связанные в комплекс	0	0,1	
Медь Cu, связанная в комплекс с CN, мг/л	0	0,08	»

Показатели	Речная вода		Изменение показателя
	выше сброса сточных вод фабрики	ниже сброса сточных вод фабрики	
Железо общее Fe, мг/л	0,9	1,0	Без изменения
Свинец Pb ²⁺ , мг/л	0	0,05	Появление следов
Цинк Zn ²⁺ , мг/л	0	0	Без изменения
Крезол в пересчете на фенол, мг/л	0	0,6	Появление
Ксантогенат, мг/л	0	0,4	»

Таблица II-12

**Влияние сброса неочищенных сточных вод
никелево-кобальтовой обогатительной фабрики
на природные воды**

Показатели	Речная вода при впадении в озеро выше сброса сточных вод	Вода озера		Изменение показателя
		выше плотины	ниже плотины	
Температура, °С	15	19,5	16	—
Цвет	Слабо-желтоватый			Без изменения
Запах	Без запаха			» »
Прозрачность, см	>30	4	4	Помутнение
pH	7,4	7,2	7,8	—
Щелочность общая, мг-экв/л	0,6	1,5	1,6	Увеличение
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	Сл.	87	49	} Значительное увеличение
прокаленные	—	80	39	
потеря при прокаливании	—	7	10	
Окисляемость по KMnO ₄ , мг О на 1 л	4,6	3,5	3,5	Незначительное снижение
Кислород растворенный, мг О ₂ на 1 л	9,9	8,3	7,5	Снижение
Насыщение кислородом, %	97,1	88,4	75,5	»
БПК ₅ , мг О на 1 л	0,8	—	—	—
Железо общее Fe, мг/л	0,1	0,15	0,15	Незначительное увеличение
Никель Ni ²⁺ , мг/л	0,08	0,33	0,36	Увеличение

**Влияние сброса неочищенных сточных вод
медно-никелевой обогатительной фабрики
на речную воду**

Показатели	Речная вода		Изменение показателя
	выше сброса сточных вод из хвостохранилища	ниже сброса сточных вод из хвостохранилища	
Температура, °С	9	9	—
Цвет	Бесцветный		—
Запах	Без запаха		—
Прозрачность, см	>24	0	Помутнение
pH	7,6	6,8	Снижение
Щелочность, мг-экв/л:			
общая	0,51	0,82	} Увеличение
карбонатная	0,15	0	
Жесткость общая, мг-экв/л	3	3,2	Незначительное повышение
Грубодисперсные примеси, мг/л:			
общие	13,8	3225	} Увеличение в сотни раз
прокаленные	9,2	—	
потеря при прокаливании	4,6	—	
Сухой остаток, мг/л:			
общий	360	350	} Практически без изменения
прокаленный	290	270	
потеря при прокаливании	70	80	
Окисляемость по $KMnO_4$ в отстоянной воде, мг O на 1 л	9,6	11,2	Незначительное увеличение
Кислород растворенный, мг O_2 на 1 л	7,2	7,2	Без изменения
Насыщение кислородом, %	62	62	Без изменения
Азот аммонийный NH_4^+ :			
мг/л	1,81	1,29	} Незначительное снижение
мг-экв/л	0,1	0,07	
Нитриты NO_2^- :			
мг/л	0,29	0,66	} Увеличение
мг-экв/л	0,006	0,014	
Кальций Ca^{2+} :			
мг/л	44,1	48,1	} Незначительное увеличение
мг-экв/л	2,2	2,4	
Магний Mg^{2+} :			
мг/л	9,73	9,73	} Без изменения
мг-экв/л	0,81	0,81	
Хлориды Cl^- :			
мг/л	7,8	3,9	} Снижение в 2 раза
мг-экв/л	0,22	0,11	
Сульфаты SO_4^{2-} :			
мг/л	312	284	} То же
мг-экв/л	6,5	5,9	

Показатели	Речная вода		Изменение показателя
	выше сброса сточных вод из хвостохранилища	ниже сброса сточных вод из хвостохранилища	
Бикарбонаты HCO_3^- :			
мг/л	12,8	50	} Резкое повышение
мг-экв/л	0,21	0,82	
Железо общее Fe, мг/л	0,3	0,27	} Практически без изменения
Медь Cu^{2+} , мг/л	0	0,01	
Никель Ni^{2+} , мг/л	—	0,06	} Появление за счет работы производства
Фенол, мг/л	—	1,87	
Ксантогенаты, мг/л	—	0,11	

Таблица 11-14

Влияние сброса неочищенных сточных вод медной обогатительной фабрики № 1 на речную воду

Показатели	Речная вода выше сброса сточных вод по данным		Речная вода ниже сброса сточных вод по данным		Изменение показателя
	ВНИИ ВОДГЕО	Водока-налпро-екта	ВНИИ ВОДГЕО	Водока-налпро-екта	
Температура, °С	0	—	1	—	—
Цвет	Рыжий	Бурова-тый	Краспо-рыжий	Жел-това-тый	—
Запах	Ржаво-го желе-за	Фенола	Арома-тичный (сла-бый)	Фе-нола	} Без измене-ния
Прозрачность, см	Очень мутная	5	Хло-пья, мутная	15	
pH	8,5	7,7	10,5	7,5	} Практиче-ски без из-менения
Щелочность, мг-экв/л	4	2	4,9	1,8	
Жесткость общая, мг-экв/л	4,9	4,3	5,4	4,7	
Грубодисперсные примеси, мг/л:					} Увеличение в 3 раза
общие	100	103	300	322	
прокаленные	20	—	170	—	
потеря при прокалива-нии	80	—	130	—	

Показатели	Речная вода выше сброса сточных вод по данным		Речная вода ниже сброса сточных вод по данным		Изменение показателя
	ВНИИ ВОДГЕО	Водока-налпро-екта	ВНИИ ВОДГЕО	Водока-налпро-екта	
Объем осадка после 2-и отстаивания, %	1,4	—	9,2	—	—
Сухой остаток, мг/л:					
общий	420	480	500	600	Увеличение
прокаленный	300	—	390	—	
потеря при прокаливании	120	—	110	—	
Окисляемость по KMnO_4 , мг O на 1 л, в воде:					
натуральной	285	—	—	—	Снижение
отстоенной	—	57	75	22	
БПК ₅ , мг O на 1 л	—	65	—	—	—
Азот аммонийный NH_4^+ :					
мг/л	—	—	—	3,24	—
мг-экв/л	—	—	—	0,18	—
Кальций Ca^{2+} :					
мг/л	76	—	81	—	Незначительное увеличение
мг-экв/л	3,8	—	4,1	—	
Магний Mg^{2+} :					
мг/л	13	0	15	0	То же
мг-экв/л	1,1	—	1,3	—	
Хлориды Cl^- :					
мг/л	8,5	—	17	19,4	Увеличение
мг-экв/л	0,2	—	0,5	0,55	
Сульфаты SO_4^{2-} :					
мг/л	153	—	200	—	»
мг-экв/л	3,2	—	4,2	—	
Железо общее Fe, в отстоенной воде, мг/л	0,25	13,3	0,4	16	Незначительное увеличение
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:					
отстоенной	0,2	0,45	0,45	0,42	Практически без изменения
фильтрованной	0,06	—	0,08	—	
Цинк Zn^{2+} , мг/л, в воде:					
отстоенной	—	—	0,05	—	—
фильтрованной	—	—	0,1	—	—
Хром общий Cr в фильтрованной воде, мг/л	1,3	14,2	1,1	4,2	Снижение
Фенолы, мг/л	—	2,02	—	0,9	»
Пиридины, мг/л	—	—	0,02	—	Появление
Ксантогенаты, мг/л	—	—	0,6	Сл.	»

Показатели	Речная вода					Изменение показателя
	ниже сброса сточных вод на					
	100 м	5 км	15 км	26 км	35 км	
Магний Mg^{2+} :						
$мг/л$	3,5	5,7	7	7,4	7,8	Увеличение в 2 раза
$мг-экв/л$	0,29	0,48	0,58	0,62	0,65	
Хлориды Cl^- :						
$мг/л$	1	1	1	2	2	То же
$мг-экв/л$	0,03	0,03	0,03	0,06	0,06	
Сульфаты SO_4^{2-} :						
$мг/л$	12,3	13,6	16,9	14	15,2	Увеличение
$мг-экв/л$	0,26	0,28	0,35	0,30	0,32	
Бикарбонаты HCO_3^- :						
$мг/л$	42,7	67,1	91,5	97,6	97,6	Увеличение в 2 раза
$мг-экв/л$	0,7	1,1	1,5	1,6	1,6	
Кремниекислота SiO_2 , $мг/л$	12	12	13	12	13	То же
Железо общее Fe , $мг/л$	0,05	0,1	0,1	0,15	0,05	
Медь Cu^{2+} , $мг/л$, в воде:						
отстоенной	0,03	2,8	2	1,5	1,4	Увеличение в 100 раз с дальнейшим уменьшением
фильтрованной	—	0,1	0,08	0,07	0,05	
Свинец Pb^{2+} , $мг/л$, в воде:						
отстоенной	0,05	0,45	0,3	0,2	0,1	Увеличение в 10 раз с дальнейшим уменьшением
фильтрованной	—	0,05	0,05	0,05	0,05	
Нефтепродукты в отстоенной воде, $мг/л$	0	1,9	1,5	1,2	1	Появление
Ксантогенаты в отстоенной воде, $мг/л$	0	0,04	0	0	0	

Влияние сброса неочищенных сточных вод
медно-вольфрамовой обогатительной фабрики
на воду водоема

Показатели	Вода, поступаю- щая на фабрику	Ручьевая вода после сброса сточных вод ниже общего стока, км		Изменение показателя
		1	5	
Температура, °С	21	26	26	—
Цвет	Бесцвет- ный	Желтоватый		Окраска
Запах	Без запа- ха	Терпи- неола (слабый)	Без за- паха	—
Прозрачность, см	>30	0	0	Значительное по- мутнение
pH	7,5	—	8,4	Повышение
Щелочность, мг-экв/л	3,1	11,2	8,4	»
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	Сл.	123,4	54,2	} Резкое повышение
прокаленные	—	120	53	
потеря при прокалива- нии	—	3,4	1,2	
Сухой остаток, мг/л:				
общий	538	2552	2784	} » »
прокаленный	403	1992	2392	
потеря при прокалива- нии	135	560	392	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:				
отстойной	—	74,5	51,7	} Повышение
фильтрованной	0,9	17,2	25,1	
Кислород растворенный, мг O ₂ на 1 л	9,25	—	—	—
Насыщение кислородом, %	104	—	—	—
Азот аммонийный NH_4^+ :				
мг/л	0,45	—	—	—
мг-экв/л	0,025	—	—	—
Нитриты NO_2^- :				
мг/л	0,016	—	—	—
мг-экв/л	0,0003	—	—	—

Показатели	Вод., поступающая на фабрику	Ручьевая вода после сброса сточных вод ниже общего стока, жи		Изменение показателя
		1	5	
Сероводород H_2S , мг/л:				
свободный	0	0	0	—
связанный	0	Много		Появление
Углекислота свободная CO_2 , мг/л	6,6	—	—	—
Кальций Ca^{2+} :				
мг/л	80	—	—	—
мг-экв/л	4	—	—	—
Магний Mg^{2+} :				
мг/л	19,4	—	—	—
мг-экв/л	1,6	—	—	—
Хлориды Cl^- :				
мг/л	23,6	37,7	62,2	} Увеличение
мг-экв/л	0,67	1,06	1,75	
Сульфаты SO_4^{2-} :				
мг/л	164,5	—	—	—
мг-экв/л	3,43	—	—	—
Карбонаты CO_3^{2-} :				
мг/л	0	204	120	} Появление
мг-экв/л	—	6,8	4	
Бикарбонаты HCO_3^- :				
мг/л	189,1	268,4	268,4	} Увеличение
мг-экв/л	3,1	4,4	4,4	
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	13	—	—	—
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:				
натуральной	0,01	470	37	} Появление
фильтрованной	0	1	0,6	
Свинец Pb^{2+} , мг/л, в воде:				
натуральной	0,02	—	—	—
отстойной	—	16	14	Появление
Цинк Zn^{2+} в натуральной воде, мг/л	0,7	—	—	—
Мышьяк As , мг/л, в воде:				
натуральной	0	0,15	0,1	} Появление
фильтрованной	0	0,12	0	
Керосин, мг/л	0	0	0	—
Терпинеол, мг/л	0	Обнаружен	0	Появление

**Влияние сброса неочищенных сточных вод
щелитовой (вольфрамовой) обогатительной фабрики
на ручьевую воду**

Показатели	Ручьевая вода				Изменение показателя
	выше сброса сточных вод фабрики	ниже сброса сточных вод фабрики на, км			
		1	4	8	
Температура, °С	16	16	16	16	—
Цвет	Бесцветный	Слабо-желтоватый			Появление окраски
Запах	Без запаха	Керосина (слабый)	Без запаха		Следы запаха с последующим исчезновением
Прозрачность, см	>32	0	0	0	Полное помутнение
pH	8,1	8	8	8,1	Без изменения
Щелочность, мг-экв/л	4,2	4,1	4,2	4,4	» »
Грубодисперсные примеси, мг/л:					
общие	Сл.	2900	3500	6600	Увеличение более чем в 6 тысяч раз
прокаленные	—	2700	3100	5900	
потеря при прокаливании	—	200	400	700	
Сухой остаток, мг/л:					
общий	364	568	524	556	Увеличение
прокаленный	300	440	420	484	
потеря при прокаливании	64	128	104	72	
Окисляемость по КМпО ₄ , мг О на 1 л, в отстоенной воде	2,1	6,2	3	4,4	Увеличение в 2—3 раза
Кислород растворенный, мг О ₂ на 1 л	9,6	—	7,3	8,3	Снижение
БПК ₅ , мг О на 1 л	1,2	—	6,2	5,6	Увеличение в 4—5 раз
Азот аммонийный NH ₄ ⁺ :					
мг/л	5,5	1,2	9,4	2,3	—
мг-экв/л	0,3	0,07	0,52	0,13	
Нитриты NO ₂ ⁻ :					
мг/л	0	0,33	0,82	0,82	Появление
мг-экв/л	—	0,007	0,018	0,018	

Показатели	Ручьевая вода				Изменение показателя
	выше сброса сточных вод фаб-рикл	ниже сброса сточных вод фабрики на, кг			
		1	4	8	
Нитраты NO_3^- :					
мг/л	3	0	2	3	} Без изменения
мг-экв/л	0,05	—	0,03	0,05	
Сероводород связан- ный H_2S , мг/л	0	Следы			Появление следов
Углекислота CO_2 , мг/л	—	0	0	0	—
Хлориды Cl^- :					
мг/л	14,1	5,7	12,3	32,1	} Увеличение в 2 раза
мг-экв/л	0,4	0,16	0,35	0,9	
Сульфаты SO_4^{2-} :					
мг/л	75,7	197,3	173,5	199,2	} Увеличение в 2,5 раза
мг-экв/л	1,58	4,11	3,62	4,15	
Фосфаты PO_4^{3-} :					
мг/л	0,04	0,1	0,2	0,04	} Без изменения
мг-экв/л	0,001	0,003	0,006	0,001	
Карбонаты CO_3^{2-} :					
мг/л	6	9	3	6	} То же
мг-экв/л	0,2	0,3	0,1	0,2	
Бикарбонаты HCO_3^- :					
мг/л	241	232	247	256	} » »
мг-экв/л	4	3,8	4,1	4,2	
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	9	14	12	12	Увеличение
Железо общее Fe, мг/л в воде					
натуральной	0	70	45	125	} Появление
фильтрованной	0	0,1	0,25	0,05	
Медь Cu^{2+} , мг/л, в во- де:					
натуральной	0,03	1,2	2	3,5	} Увеличение в 100 раз
фильтрованной	0	0,05	0,03	0,06	
Свинец Pb^{2+} , мг/л, в отстойной воде	0	0,5	0,4	0,3	Появление
Мышьяк As, мг/л, в воде:					
натуральной	0,03	1,2	2	3,5	} Увеличение в 100 раз
фильтрованной	0	0,05	0,03	0,06	
Нефтепродукты, мг/л	0	20	23,8	18,5	Появление

Влияние сброса неочищенных сточных вод
молибдено-вольфрамовой обогатительной фабрики № 1
на речную воду

Показатели	Речная вода				Изменение показателя
	выше сброса сточных вод	ниже сброса сточных вод на, км			
		2	3	90	
Температура, С	14	14	12	13	--
Цвет	Слабо-желтоватый	Серый	Сероватый	Зеленоватый	Помутнение
Запах		Без запаха			Без изменения
Прозрачность, см	>30	3,5	7,3	8	Помутнение
pH	8	8	8,5	7,8	Практически без изменения
Щелочность, мг-экв/л	2,4	2,4	3	2,5	Без изменения
Грубодисперсные примеси, мг/л:					
общие	Сл.	372	86	33	Увеличение
прокаленные	--	372	86	33	
потеря при прокаливании	--	0	0	0	
Сухой остаток, мг/л					
общий	72	108	74	78	Увеличение с дальнейшим выравниванием
прокаленный	50	68	24	52	
потеря при прокаливании	22	40	50	26	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в отстоянной воде	2,5	3,6	4,1	3,9	Незначительное увеличение
Кислород растворенный, мг O_2 на 1 л	0,2	8,2	10,2	9,9	Незначительное снижение на расстоянии 2 км
Насыщение кислородом, %	88,7	79	94,1	93,4	
БПК ₅ , мг O на 1 л	0,6	--	1,2	2	Увеличение
Азот аммонийный NH_4					
мг/л	0,2	0,4	0,25	0,3	Практически без изменения
мг-экв/л	0,01	0,02	0,014	0,017	

Показатели	Речная вода				Изменение показателя
	выше сброса сточных вод	ниже сброса сточных вод на, км			
		2	30	90	
Нитриты NO_2^- :					
мг/л	0	0	0	0	—
мг-экв/л	—	—	—	—	—
Нитраты NO_3^- :					
мг/л	0	0	0	0	—
мг-экв/л	—	—	—	—	—
Углекислота свободная CO_2 , мг/л	0	2,2	0	0	Появление на расстоянии 2 км и исчезновение
Кальций Ca^{2+} :					
мг/л	17,1	17,1	11,4	18,6	Практически без изменения
мг-экв/л	0,85	0,85	0,57	0,93	
Магний Mg^{2+} :					
мг/л	2	4,1	1,7	4,1	То же
мг-экв/л	0,17	0,34	0,14	0,34	
Хлориды Cl^- :					
мг/л	4,6	5,6	4,6	6,5	»
мг-экв/л	0,13	0,16	0,13	0,18	
Сульфаты SO_4^{2-} :					
мг/л	5,3	14,4	8,2	9,9	Увеличение
мг-экв/л	0,11	0,3	0,17	0,21	
Бикарбонаты HCO_3^- :					
мг/л	146	146	183	152,5	»
мг-экв/л	2,4	2,4	3	2,5	
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	12	14	14	12	Практически без изменения
Железо, мг/л:					
общее	0,15	1,25	0,45	0,25	Увеличение
окисное	0,1	0,35	0,1	0,15	
закисное	0,05	0,9	0,35	0,1	
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,05	—	—	0,06	Без изменения
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0	0	0	0	—
Мышьяк As, мг/л	0	0	0	0	—
Керосин (терпинеол), мг/л	0	8	5,2	0	Появление на расстоянии до 30 км, затем исчезновение
Ксантогенаты, мг/л	0	0	0	0	—

Т а б л и ц а П-19
Влияние сброса неочищенных сточных вод молибдено-вольфрамовой обогатительной фабрики № 2 на речную воду

Показатели	Речная вода										Изменение показателя		
	выше сброса общего стока фабрики		ниже сброса сточных вод фабрики на										
	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1 м	150 м	1 км	5 км	8 км	18 км	30 км	42 км			
Температура, °С	—	8	—	8	10	8	8	8	8	8	10	—	Помутнение
Цвет	Бесцветный	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Запах	Без запаха	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Прозрачность, см	29	2	0,4	0	1,5	1,7	2	2	2	2	2	2	Резкое снижение
pH	7,2	7,2	7,5—7,6	8	7,6	7,5	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	Незначительное повышение
Щелочность, мг-экв/л	2,4	0,7	1,7	1,05	0,65	0,7	0,75	0,85	0,95	1,05	1,05	1,05	Снижение
Жесткость, мг-экв/л:													
общая	2,9	—	2,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
карбонатная	2,4	—	1,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
постоянная	0,5	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Грубодисперсные примеси, мг/л:													
общие	Сл.	116	434	2034	233	279	268	341	387	345	345	345	Увеличение в 300 раз
прокаленные	—	92	416	1972	212	258	251	323	364	328	328	328	
потеря при прокаливании	—	24	18	62	21	21	17	18	23	17	17	17	
Сухой остаток, мг/л:													
общий	188	102	144	112	91	86	97	94	106	126	126	126	Снижение
прокаленный	156	82	128	84	69	58	68	74	84	96	96	96	
потеря при прокаливании	32	20	16	28	22	28	29	20	22	30	30	30	

Показатели	Речная вода										Изменение показателя	
	выше сброса общего стока фабрики		ниже сброса сточных вод фабрики на									
	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1 м	130 м	1 км	5 км	8 км	18 км	30 км	42 км		
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л:												
на холоду	—	0	—	0,96	0	0	0	0	0	0	0	0
при кипячении	2,4	1,2	1,7	3	1,1	1,2	1,3	1,1	1,9	1,7	—	—
Кислород растворенный, мг O_2 на 1 л	—	—	—	—	10,4	10,6	10,7	10,4	10,3	10,3	10,3	10,3
ВПК ₅ , мг O на 1 л	—	—	—	—	—	2	1,4	1,7	0,8	1,6	—	—
Азот аммонийный NH_4^+ :												
мг/л	0,07	0,4	0,71	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	—	—
мг-экв/л	0,004	0,022	0,04	0,03	0,017	0,017	0,017	0,017	0,022	0,017	—	—
Нитриты NO_2^- :												
мг/л	0,03	0	0,17	0,03	0	0	0	0	0	0	—	—
мг-экв/л	0,001	—	0,004	0,001	—	—	—	—	—	—	—	—
Нитраты NO_3^- :												
мг/л	—	11	—	—	4,4	5,3	6,6	8,4	11	11	—	—
мг-экв/л	—	0,18	—	—	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,18	—	—
Сероводород H_2S , мг/л:												
свободный	0	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
связанный	0	0	Есть	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Углекислота свободная CO_2 , мг/л	—	2,2	—	—	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Кальций Ca^{2+} :												
мг/л	42,9	15	35,7	26,4	22,1	22,1	22,4	26,4	27,8	39,2	—	—
мг-экв/л	2,14	0,75	1,8	1,32	1,1	1,1	1,12	1,32	1,39	1,96	—	—

Показатели	Речная вода										Изменение показателя
	выше сброса общего стока фабрики		ниже сброса сточных вод фабрики на								
	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	1 км	150 м	1 км	5 км	8 км	18 км	30 км	42 км	
Магний Mg ²⁺ :	8,7	4,4	3,5	6,6	11,6	9,1	4,4	4,4	4,4	5,9	Незначительное уменьшение
мг/л	0,72	0,37	0,3	0,55	0,24	0,2	0,37	0,37	0,37	0,5	
Хлориды Cl ⁻ :	6,8	0,9	1,7	4,9	1,7	1,7	1,7	1,7	3	5,2	То же
мг/л	0,19	0,03	0,05	0,14	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,15	
Сульфаты SO ₄ ²⁻ :	19,8	8,2	11,6	17,3	11,6	9,1	4,4	4,4	11,6	37,4	»
мг/л	0,41	0,17	0,24	0,36	0,24	0,2	0,21	0,24	0,24	0,8	
Бикарбонаты HCO ₃ ⁻ :	146,4	42,7	39,6	103,7	64	42,7	45,7	51,8	57,9	64	Уменьшение в 2—2,5 раза
мг/л	2,4	0,7	0,65	1,7	1,05	0,7	0,75	0,85	0,95	1,05	
Кремнекислота SiO ₂ :	8	8	7	18	12	8	8	9	9	9	Незначительное увеличение
мг/л	—	0	0	Сл.	0	0	0	0	0	0	
Цианиды общие CN:	0	—	—	12,5	—	—	—	—	—	—	Появление
мг/л	0,2	1	0,9	2,5	0,9	0,6	0,5	0,3	1	0,3	
Железо общее Fe:	—	0	0,12	—	—	—	—	—	—	—	Увеличение
мг/л	—	0	0,16	—	—	—	0,07	0,07	0,07	0,06	
Свинец Pb ²⁺ , в натуральной воде:	—	0	0,05	—	—	—	—	—	—	—	»
мг/л	—	0	0	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	
Мышьяк As:	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	Появление
мг/л	—	0	1,5	2,3	1,3	1,3	1,5	—	0	0	
Нефтепродукты в натуральной воде:	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	Появление
мг/л	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ксантогенаты в натуральной воде:	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	»
мг/л	—	0	0	—	—	—	—	—	—	—	

Т а б л и ц а 11-20
Влияние сброса неочищенных сточных вод молибдено-вольфрамовой обогатительной фабрики № 3 на ручьевую воду

Показатели	Ручьевая вода						Изменение показателя
	выше сброса сточных вод		ниже сброса сточных вод				
	на 1 км	У водо-забора	100 м	1,5 км	4,5 км		
Температура, °С	11	10	11,5	11	10		
Цвет			Желтоватый				
Запах	Без запаха		Терпинеола (слабый)		Без запаха		Без изменения Появление запаха
Прозрачность, см	3	5	1	1,2	1,2		Снижение
pH	8,2	7,8	8,3	8,4	8,3		Практически то же
Щелочность, мг-экв/л	2,9	2,9	3,1	3,3	3,3		Незначительное увеличение
Грубодисперсные примеси, мг/л:							
общие	222	184	651	397	480		Увеличение в 2 раза
прокаленные	171	93	560	244	—		
потери при прокаливании	51	91	91	153	—		
Сухой остаток, мг/л:							
общий	170	198	236	224	264		Увеличение
прокаленный	133	150	161	170	190		
потери при прокаливании	37	48	75	74	74		
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	1,9	1,8	2	2	2		Практически без изме- нения
Кислород растворенный, мг O ₂ на 1 л	9,4	9,4	8,9	9	9,3		Незначительное снижение » »
Насыщение кислородом, %	85	85	81,3	81,8	81,8		
БПК ₅ , мг O на 1 л	1,2	—	3,7	2,6	2,3		
Азот аммонийный NH_4^+ :							
мг/л	0,4	0,3	0,4	0,5	0,9		»
мг-экв/л	0,022	0,017	0,022	0,028	0,05		

Показатели	Ручьевая вода						Изменение показателя
	выше сброса сточных вод		ниже сброса сточных вод на				
	на 1 км	У водо-забора	100 м	1,5 км	4,5 км		
Нитриты NO_2^- :							
мг/л	0	0	0,13	0,11	0,08	} Появление с последующим снижением	
мг-экв/л	—	—	0,003	0,002	0,002		
Хлориды Cl^- :							
мг/л	4,2	4,2	12,9	8,3	20,4	} Увеличение	
мг-экв/л	0,12	0,12	0,36	0,23	0,57		
Сульфаты SO_4^{2-} :							
мг/л	14,8	13,2	21,8	14,8	14,4	} Увеличение	
мг-экв/л	0,31	0,28	0,45	0,31	0,3		
Фосфаты PO_4^{3-} :							
мг/л	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	} Без изменения	
мг-экв/л	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001		
Карбонаты CO_3^{2-} :							
мг/л	0	0	6	9	6	} Появление	
мг-экв/л	—	—	0,2	0,3	0,2		
Бикарбонаты HCO_3^- :							
мг/л	176,9	176,9	176,9	183	189,1	} Практически без изменения	
мг-экв/л	2,9	2,9	2,9	3	3,1		
Кремниевая кислота SiO_2 , мг/л	10	10	14	12	10	} То же	
Железо общее Fe, мг/л	0,05	0,05	3,4	0,9	0,7		
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:							
натуральной	0,08	0,08	0,15	0,08	0,08	} Без изменения	
фильтрованной	0,03	0,03	0,03	0,025	0,02		
Терпинеол, мг/л	0	0	1,2	0,7	0,3	} Появление	

Влияние сброса неочищенных сточных вод молибдено-вольфрамовой обогатительной фабрики № 4 на ручьевую воду

Показатели	Ручьевая вода					Изменческие показатели
	выше сброса сточных вод фабрики	ниже сброса сточных вод фабрики на				
		200 м	3 км	7 км	10	
Температура, °С	10	10	10	10	10	—
Цвет		Желтоватый				»
Запах	3	Без запаха	1,7	1,7	1,7	Снижение
Прозрачность, см	8,1	1,7	8,1	8,1	8,1	»
pH	3,4	3,5	3,6	3,6	3,4	»
Щелочность, мг-экв/л						
Грубодисперсные примеси, мг/л:						
общие	Сл.	825	773	773	658	Увеличение в 650—800 раз
прокаленные	—	790	737	737	652	
потеря при прокаливании	—	35	36	36	6	
Сухой остаток, мг/л:						
общий	210	210	222	222	250	
прокаленный	162	182	194	194	196	Практически без изменения
потеря при прокаливании	48	28	28	28	54	
Окисляемость по КМпО ₄ , мг О ₂ на 1 л	3,5	4,2	4,2	4,2	4	
Кислород растворенный, мг О ₂ на 1 л	9,8	9,4	9,6	9,4	9,4	Незначительное увеличение
Насыщение кислородом, %	86,3	82,6	84,4	84,4	83	»
БПК ₅ , мг О ₂ на 1 л	—	1,93	1,88	1,88	1,74	»
Азот аммонийный NH ₄ ⁺ :						
мг/л	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	Без изменения
мг-экв/л	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	
Нитриты NO ₂ ⁻ :						
мг/л	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	Увеличение в 2 раза
мг-экв/л	0,0004	0,0006	0,0006	0,0006	0,0009	

Показатели	Ручьевая вода				Изменение показателя
	выше сброса сточных вод фабрики	ниже сброса сточных вод фабрики на			
		200 м	3 км	7 км	
Нитраты NO ₃ ⁻ :					
мг/л	0	0	0	0	—
мг-экв/л	—	—	—	—	—
Сероводород связанный H ₂ S, мг/л	0	Есть	0	0	—
Углекислота свободная CO ₂ , мг/л	0	Много	0	0	—
Хлориды Cl ⁻ :					
мг/л	3,7	4,6	3,7	3,7	Практически без изменения
мг-экв/л	0,1	0,13	0,1	0,1	
Сульфаты SO ₄ ²⁻ :					
мг/л	18,5	19,3	19,7	25,9	Незначительное увеличение
мг-экв/л	0,38	0,4	0,41	0,54	
Фосфаты PO ₄ ³⁻ :					
мг/л	0,04	0,06	0,06	0,06	»
мг-экв/л	0,001	0,002	0,002	0,002	
Карбонаты CO ₃ ²⁻ :					
мг/л	3	12	12	6	Увеличение в 2—4 раза
мг-экв/л	0,1	0,4	0,4	0,2	
Бикарбонаты HCO ₃ ⁻ :					
мг/л	201	189	195	195	Незначительное снижение
мг-экв/л	3,3	3,1	3,2	3,2	
Кремнекислота SiO ₂ , мг/л	10	10	10	10	Без изменения
Железо общее Fe, мг/л	0,05	1,1	0,9	0,9	
Медь Cu ²⁺ , мг/л, в воде:					
натуральной	0,03	0,1	0,08	0,08	Увеличение в 3 раза
фильтрованной	—	—	0,03	—	
* Мышьяк As в натуральной воде, мг/л	0	0	0	0	—
** Керосин и терпинеол, мг/л	—	0	0	0	

Т а б л и ц а П 1-22
 Влияние сброса неочищенных сточных вод молибдено-вольфрамовой обогатительной фабрики № 5 на ручьевую воду

Показатели	выше сброса сточных вод	Ручьевая вода						Изменение показателя
		ниже сброса сточных вод фабрики на расстоянии, км						
		1	6	12	20	30	30	
Температура, °С	10,5	13	15	15	15	15	15	—
Цвет	Бесцветный	Слабо-желтый	Слабо-желтый	Слабо-желтоватый	Слабо-желтоватый	Слабо-желтоватый	Слабо-желтоватый	Появление окраски
Запах		Без запаха						—
Прозрачность, см	16	0	0	0	0	0	0	Резкое снижение
pH	7,7	8,2	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	Незначительное увеличение
Щелочность, мг-экв/л	2,45	2,2	2,5	2,7	2,8	2,8	3,1	
Грубодисперсные примеси, мг/л:								
общие	—	37 430	9060	4080	3530	3200	3200	Весьма резкое увеличение с постепенным снижением
прокаленные	—	33 910	7990	3700	3170	2840	2840	
потеря при прокаливании	—	3 520	1070	380	360	360	360	
Сухой остаток, мг/л:								
общий	410	354	244	210	220	270	270	Снижение почти в 2 раза
прокаленный	312	302	220	184	190	224	224	
потеря при прокаливании	98	52	24	26	30	46	46	
Окисляемость по КМпО ₄ , мг О на 1 л	0,8	1,5	1,4	1,5	1,6	1,3	1,3	Увеличение в 2 раза
Кислород растворенный, мг О ₂ на 1 л	9,4	7,0	7,5	—	8,3	8,8	8,8	

Показатели	выше сброса сточных вод	Ручьевая вода						Изменение показателя
		ниже сброса сточных вод фабрики на расстоянии, км.						
		1	6	12	20	30		
Насыщение кислородом, %	84	66,3	73,4	—	—	81,5	86,3	—
БПК ₅ , мг О на 1 л	1	6,7	6,1	—	—	3	3,4	Увеличение
Азот аммонийный NH ₄ ⁺ :								
мг/л	0,26	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,39	Увеличение в 2 раза
мг-экв/л	0,015	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,022	
Нитриты NO ₂ ⁻ :								
мг/л	0	0,05	0,05	0,03	0,03	0,02	0,03	Появление
мг-экв/л	—	0,001	0,001	0,0006	0,0006	0,0004	0,0006	
Нитраты NO ₃ ⁻ :								
мг/л	0	0	0	0	0	0	0	—
мг-экв/л	—	—	—	—	—	—	—	
Сероводород связанный H ₂ S, мг/л	0		Много				Мало	Появление
Углекислота свободная CO ₂ , мг/л	8,8	0	0	0	0	0	0	Исчезновение
Хлориды Cl ⁻ :								
мг/л	7,4	3,2	3,2	4,2	4,2	3,7	5,1	Снижение в 2 раза
мг-экв/л	0,21	0,09	0,09	0,12	0,12	0,1	0,14	

Показатели	выше сброса сточных вод	Ручьевая вода					Изменение показателя
		ниже сброса сточных вод фабрикл на расстоянии, кл					
		1	6	12	20	30	
Сульфаты SO_4^{2-} :							
мг/л	161,3	56	42,8	47,7	72,4	} Снижение в 3 раза	
мг-экв/л	3,36	1,17	0,89	0,99	1,51		
Фосфаты PO_4^{3-} :							
мг/л	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	} Без изменения	
мг-экв/л	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001		
Карбонаты CO_3^{2-} :							
мг/л	0	—	Следы	6	Сл.	} Появление	
мг-экв/л	—	—	—	0,2	—		
Бикарбонаты HCO_3^- :							
мг/л	149,5	152,5	164,7	170,8	189,1	} Практически без изменения	
мг-экв/л	2,45	2,5	2,7	2,6	3,1		
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	6	6	6	6	6	} То же	
Железо общее Fe, мг/л, в воде:							
натуральной	0,05	22,5	15	30	20	} Увеличение в 300 раз	
фильтрованной	—	0,15	0,15	0,05	0,05		
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:							
натуральной	—	1,5	0,4	0,08	0,06	} Появление	
фильтрованной	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02		
Мышьяк As, мг/л, в воде:							
натуральной	0	0	0	0	0	} —	
фильтрованной	0	0	0	0	0		
Нефтепродукты и терпинеол, мг/л	0	0	0	0	0	—	

Влияние сброса неочищенных сточных вод оловозавода на речную воду

Показатели	Речная вода				Изменение показателя
	выше сброса общего стока по данным		ниже сброса общего стока по данным		
	ВНИИ ВОДГГО	ГСИ	ВНИИ ВОДГЕО	ГСИ	
Цвет	Слабо-желтоватый	Бесцветный	Слабо-желтоватый	Слабо-коричневый	—
Запах	Без запаха		Нефтепродуктов	Минеральных масел	Появление
Прозрачность, см	—	26	—	1	Помутнение
pH	8,1	7,6	8,4	7,2	Снижение
Щелочность, мг-экв/л	7,6	—	5,7	—	»
Жесткость карбонатная, мг-экв/л	7,6	—	5,7	—	»
Грубодисперсные примеси, мг/л.					
общие	27,5	30,2	48	694	} Увеличение
прокаленные	22	—	35	—	
потеря при прокаливании	5,5	—	13	—	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг О на 1 л, в воде:					
натуральной	5,1	3,7	9,1	55,6	} »
фильтрованной	2,7	—	4,3	—	
Кислород растворенный, мг O_2 на 1 л	—	8,51	—	7,22	Незначительное снижение
БПК ₅ , мг О на 1 л	—	3,57 *	—	17,6 **	Увеличение
Бикарбонаты $НСO_3^-$.					
мг/л	464	—	345	—	} Снижение
мг-экв/л	7,61	—	5,66	—	
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,04	0	0,12	0,2	Увеличение
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0,14	0	0,23	0,4	»
Цинк Zn^{2+} , мг/л	—	0	—	0,1	Появление
Мышьяк As, мг/л	0,004	0,04	0,016	3,8	Увеличение
Нефтепродукты, мг/л	—	—	5,8	—	Появление
Ксантогенаты, мг/л	0	—	сл.	—	»

* Без разведения
** Разведение в 10 раз

**Влияние сброса неочищенных сточных вод
титано-магниевого флотационной обогатительной фабрики на речную воду**

Показатели	Речная вода				Изменение показателя
	выше сброса сточных вод фабрики	ниже сброса сточных вод фабрики на, км			
		1	14	23	
Температура, °С	1	0,5	0,5	0,5	—
Прозрачность, см	>30	>30	>30	>30	Без изменения
pH	7,4	7,5	7,3	7,5	То же
Щелочность, мг-экв/л	2,8	2,8	2,6	2,8	»
Жесткость общая, мг-экв/л	1,56	1,75	2,38	2,58	Увеличение
Грубодисперсные примеси, мг/л:					
общие	20	—	22	18	Практически то же
прокаленные	0	16	4	2	
потеря при прокаливании	20	—	18	16	
Сухой остаток, мг/л:					
общий	116	124	150	164	Незначительное увеличение
прокаленный	28	42	56	66	
потеря при прокаливании	88	82	94	98	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:					
отстоенной	5,3	7,4	6,7	6,4	То же
фильтрованной	2,9	5,1	5,4	2,9	
Кислород растворенный, мг O_2 на 1 л	10,7	11,2	7,7	8,5	Незначительное снижение
Насыщение кислородом, %	75,2	77,8	53,5	59	Снижение
Углекислота свободная CO_2 , мг/л	8	6,6	10,1	8,4	Практически то же
Кальций Ca^{2+} :					
мг/л	20	21,8	29,1	31,1	Незначительное увеличение
мг-экв/л	1	1,1	1,46	1,56	
Магний Mg^{2+} :					
мг/л	6,7	7,8	11,1	12,2	То же
мг-экв/л	0,56	0,65	0,92	1,02	
Сульфаты SO_4^{2-} :					
мг/л	22,2	25,5	23	24,7	»
мг-экв/л	0,46	0,52	0,48	0,51	
Фториды F, мг/л	0,6	1,6	1,2	1,2	Увеличение в 2 раза
Железо общее Fe, мг/л	0,6	0,5	0,5	1,2	Практически то же
Крезол, мг/л	0	0,49	0,46	0,33	Появление
Нефтепродукты, мг/л	0	0,2	0,15	0,1	»

Влияние сброса неочищенных сточных вод
флотационной обогатительной фабрики сурьмяных руд
на речную воду

Показатели	Речная вода					Изменение показателя
	выше сброса сточных вод		ниже сброса сточных вод			
	1-я проба	2-я проба	1-я проба	2-я проба	3-я проба	
Цвет	Бесцветный				—	Без изменения
Запах	Без запаха				—	
pH	6,6	6,8	6,7	7	8,9	Незначительное увеличение
Щелочность, мг-экв/л	0,7	0,6	0,9	0,7	6,7	То же
Жесткость общая, мг-экв/л	0,7	0,5	1,1	0,7	—	Увеличение
Грубодисперсные примеси, мг/л:						
общие	3	10	11	15,4	75	»
прокаленные	1	5,4	3	8,9	—	
потеря при прокаливании	2	4,6	8	6,5	—	
Сухой остаток, мг/л:						
общий	50	48	84	93	—	Увеличение
прокаленный	40	35	58	63	—	
потеря при прокаливании	10	13	26	30	—	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	—	1,98	—	5,7	51,4	»
Кислород растворенный, мг O_2 на 1 л	—	10,4	—	8,2	—	Снижение
БПК ₅ мг O на 1 л	—	1,14	—	3,7	—	Увеличение
Кальций Ca^{2+} :						
мг/л	9	5,4	12	6,8	—	Практически то же
мг-экв/л	0,45	0,27	0,6	0,34	—	
Магний Mg^{2+} :						
мг/л	3	3,1	6	3,7	—	Увеличение
мг-экв/л	0,25	0,26	0,49	0,31	—	
Хлориды Cl^+ :						
мг/л	7,1	7,5	8,9	9,6	—	Незначительное увеличение
мг-экв/л	0,2	0,21	0,25	0,27	—	
Сульфаты SO_4^{2-} :						
мг/л	17	3,8	23,4	38,4	—	Увеличение
мг-экв/л	0,37	0,08	0,51	0,8	—	
Медь Cu^{2+} , мг/л	0	0	0	0,1	—	—
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0	—	0,04	—	0,2	Появление
Мышьяк As, мг/л	0	0	0,01	0,01	0,16	»
Фенолы, мг/л	—	—	—	—	0	—

Влияние сброса неочищенных сточных вод
золотонизвлекающей фабрики № 1 на речную воду

Показатели	Речная вода			Изменения показателя
	выше стока фабрики	ниже стока фабрики	ниже стока фабрики на 6 км	
Цвет	Желтоватый	Серый		Цвет хвостов
Запах	Без запаха	Неопределенный (слабый)	Без запаха	Некоторое время с несвойственным запахом
Прозрачность, см	29—30	0—0,7	1	Значительное помутнение
pH	7,4	8,1	7,6	Повышение
Щелочность, мг-экв/л	1	1,6	2,4	»
Жесткость общая, мг-экв/л	0,64—0,8	1—1,15	—	»
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	3—32	826—1676	311	} Увеличение во много раз
прокаленные	29	760—1536	285	
потеря при прокаливании	0—3	66—140	26	
Сухой остаток, мг/л:				
общий	236	374	—	} Увеличение
прокаленный	110	226	—	
потеря при прокаливании	126	148	—	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	8,16	11,4	10,6	Повышение
БПК ₅ , мг/л O на 1 л	1,54	1,86	—	»
Цианиды общие CN, мг/л	—	0—0,45	—	Появление
Роданиды CNS^- , мг/л	—	0—1,2	—	»
Железо общее Fe, мг/л	0,3	0,35	—	Без изменения
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,04	0,07	—	Увеличение примерно в 2 раза
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0	0,08	—	Появление
Цинк Zn^{2+} , мг/л	—	0	—	—
Мышьяк As, мг/л	—	0,1—0,2	0,1	Появление
Сосновое масло, мг/л	—	18,6	—	»
Ксантогенаты, мг/л	—	8	—	—

Влияние сброса неочищенных сточных вод
золотонизвлекательной фабрики № 2 на речную воду

Показатели	Речная вода		Изменение показателя
	выше сброса сточных вод	ниже сброса сточных вод	
Температура, °С	—	17	—
Цвет	Желтоватый	Желтый	Усиление окраски
Запах	Без запаха	Без запаха	Без изменения
Прозрачность, см	30	0	Значительное помутнение
pH	7—8	7—8,3	—
Щелочность, мг-экв/л	3,4	2,8	—
Жесткость общая, мг-экв/л	3,1	4,5	Незначительное повышение
Грубодисперсные примеси, мг/л			
общие	Сл.	1900—24 210	} Весьма значительное увеличение
прокаленные	—	1735—22 510	
потеря при прокаливании	—	165—1700	
Объем осадка после 2-ч отстаивания, %	—	2,6	Значительное увеличение
Сухой остаток, мг/л:			
общий	252	400	} Увеличение
прокаленный	187	387	
потеря при прокаливании	65	13	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в воде:			
натуральной	5,6	43,8	} »
отстоенной	—	5,6	
Кислород растворенный, мг O ₂ на 1 л	11,1	8,1	} Снижение
БПК ₅ , мг O на 1 л	0,98	1,1	
Кальций Ca ²⁺			
мг/л	52	70	} Увеличение
мг-экв/л	2,6	3,5	
Магний Mg ²⁺ :			
мг/л	6	12	} »
мг-экв/л	0,5	1	
Хлориды Cl ⁻ :			
мг/л	—	4,4	} —
мг-экв/л	—	0,12	
Сульфаты SO ₄ ²⁻ :			
мг/л	10,3	49,8	} Увеличение
мг-экв/л	0,21	1,04	
Цианиды общие CN, мг/л	—	0,4—7,2	} Появление
Роданиды CNS, мг/л	—	0,3—1,1	
Железо общее Fe, мг/л	0,15—0,3	0,05—0,1	} Снижение
Медь Cu ²⁺ , мг/л	0,02—0,04	0,02—0,17	

Показатели	Речная вода		Изменение показателя
	выше сброса сточных вод	ниже сброса сточных вод	
Свинец Pb^{2+} , мг/л	—	1,1—2,5	Появление
Ртуть Hg, мг/л	—	0,17—1,36	»
Цинк Zn^{2+} , мг/л	—	0,15	»
Мышьяк As, мг/л	—	0,06—0,08	»

Т а б л и ц а 11-28

**Влияние сброса неочищенных сточных вод
золотоизвлекательной фабрики № 3 на речную воду**

Показатели	Речная вода				Изменение показателя
	выше сброса сточных вод	ниже сброса сточных вод из хвостохранилища			
		на 200 м	при впадении ключа	в районе поселка	
Цвет		Желтоватый			Без изменения
Запах		Без запаха			
Прозрачность, см	1,5—18	1—3	1,5—12	5—7	» »
pH	6,9	6,4	6,3	6,1	Снижение
Щелочность, мг-экв/л	1,9	1,5	1,5	0,4	»
Жесткость, мг-экв/л	1,35—3,13	1,56	0,87—1,88	0 65—1,2	»
Грубодисперсные примеси, мг/л:					
общие	20—59	97—306	154	95—156	Увеличение
прокаленные	36	80—270	125	64—135	
потеря при прокаливании	23	17—36	29	31—21	
Сухой остаток, мг/л:					
общий	265	189	197	159	Снижение
прокаленный	132	125	140	93	
потеря при прокаливании	133	64	57	66	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	2—16,8	11,2—16	12	7,7—13,6	Практически без изменения
Кальций Ca^{2+} :					
мг/л	45,3	18,9	—	13,9	Снижение
мг-экв/л	2,26	0,95	—	0,7	
Железо общее Fe, мг/л	0,2	0,2	0,1	0,2	Без изменения
Медь Cu^{2+} , мг/л	0,01	0,016	0,013	0,013	
Свинец Pb^{2+} , мг/л	0	0	—	—	—
Цинк Zn^{2+} , мг/л	0	—	—	—	—
Мышьяк As, мг/л	—	0,002	—	0,002	—
Нефтепродукты, мг/л	—	6,5	17,3	—	Появление

Влияние сброса неочищенных сточных вод алюминиевого завода,
перерабатывающего нефелины на речную воду

Показатели	Речная вода		Изменение показателя
	выше сброса сточных вод на 100 м	ниже сброса сточных вод на 75 м	
Температура, °С	12	12	Без изменения
Цвет	Светло-желтый		» »
Запах	Без запаха		» »
pH	7,4	8	Увеличение
Щелочность, мг-экв/л.			
общая	1,3	1,5	} Незначительное повышение
бикарбонатная	1,3	1,5	
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	10	25	Увеличение
Сухой остаток, мг/л:			
общий	100	84	} Увеличение минеральной части
прокаленный	16	40	
потеря при прокаливании	84	44	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	19	18,6	Без изменения
Кислород растворенный, мг O_2 на 1 л	9,68	9,63	» »
Кальций Ca^{2+} :			
мг/л	22,9	20,4	} Практически то же
мг-экв/л	1,15	1,02	
Магний Mg^{2+} :			
мг/л	3,9	4	} Без изменения
мг-экв/л	0,33	0,33	
Хлориды Cl^- :			
мг/л	14,1	14,1	} Без изменения
мг-экв/л	0,4	0,4	
Сульфаты SO_4^{2-} :			
мг/л	9,5	9,5	} То же
мг-экв/л	0,2	0,2	
Бикарбонаты HCO_3^- :			
мг/л	69,3	91,5	} Увеличение
мг-экв/л	1,13	1,5	
Железо общее Fe, мг/л	0,4	0,5	Без изменения

Показатели	Речная вода										Изменение показателя	
	выше сброса сточных вод					ниже сброса сточных вод						
	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	3-й (повторный) анализ	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	на рас- стоянии 200 м	на рас- стоянии 2 км					
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л, в водс:												
натуральной	—	—	3,8	—	—	2,1	20,1					—
фильтрованной	1,29	1,29	3,2	1,63	1,36	1,3	7,1					—
Азот аммонийный NH_4^+ :												
мг/л	0	0,1	0,15	2,5	0,1	0,15	0,2					Практиче-ски без изменения
мг-экв/л	—	0,005	0,008	0,15	0,005	0,008	0,01					
Нитриты NO_2^- :												
мг/л	0,006	0,001	0	0,12	0,003	0	0					—
мг-экв/л	0,001	0,00002	—	0,003	0,0001	—	—					—
Нитраты NO_3^- :												
мг/л	—	1,74	0,9	—	4,35	1,2	0,7					—
мг-экв/л	—	0,028	0,014	—	0,07	0,02	0,01					—
Хлориды Cl^- :												
мг/л	4	8	—	79	10	—	—					Увеличение
мг-экв/л	0,11	0,22	—	2,2	0,29	—	—					
Сульфаты SO_4^{2-} :												
мг/л	—	13	23,9	—	17,4	27,8	163					Увеличение
мг-экв/л	—	0,27	0,5	—	0,36	0,58	3,4					
Медь Cu^{2+} , мг/л	—	—	—	—	—	—	—					Появление
Свинец Pb^{2+} , мг/л	—	—	—	—	—	—	—					
Цинк Zn^{2+} , мг/л	—	—	—	—	—	—	—					Появление
	—	—	—	—	—	—	—					

Таблица П-31

**Влияние сброса неочищенных сточных вод
свинцово-цинкового завода № 1 на речную вод**

Показатели	Речная вода				Изменение показателя
	выше заводского стока на 100 м		ниже заводского стока на 3—4 км		
	максимум	минимум	максимум	минимум	
рН	8,1	7,4	8,1	7	Без изменения
Кислотность, мг-экв/л	—	—	—	—	—
Щелочность, мг-экв/л	3,5	2,9	3,1	2,1	Без изменения
Жесткость общая, мг-экв/л	12,9	9,1	15,3	9,6	Увеличение
Грубодисперсные примеси общие, мг/л	904	6	917	7	Незначительное увеличение
Сухой остаток общий, мг/л	231	190	830	230	Увеличение
Окисляемость по КМпО ₃ , мг О на 1 л, в воде:					
натуральной	15,4	2,8	15,8	1,4	Практически без изменения
фильтрованной	3,8	2	4,9	1,4	
Кислород растворенный, мг О ₂ на 1 л	12,3	7,2	12,1	7	Без изменения
БПК, мг О на 1 л	2,5	0,3	1,6	0,6	Снижение
Азот аммонийный NH ₄ ⁺ :					
мг/л	—	—	—	—	—
мг-экв/л	—	—	—	—	—
Нитриты NO ₂ ⁻ :					
мг/л	0,04	0,02	0,07	0,02	—
мг-экв/л	0,001	0,0005	0,0015	0,0005	—
Нитраты NO ₃ ⁻ :					
мг/л	7,4	0,9	6,4	0,5	Снижение
мг-экв/л	0,12	0,015	0,1	0,008	
Хлориды Cl ⁻ :					
мг/л	21	3,5	28	3,5	Незначительное увеличение
мг-экв/л	0,6	0,1	0,8	0,1	
Сульфаты SO ₄ ²⁻ :					
мг/л	31	15	101	37	Увеличение в 2 раза
мг-экв/л	0,64	0,31	2,1	0,77	
Бикарбонаты HCO ₃ ⁻ :					
мг/л	220	177	189	159	Незначительное уменьшение
мг-экв/л	3,6	2,9	3,1	2,6	
Медь Cu ²⁺ , мг/л	—	—	—	0	—
Свинец Pb ²⁺ , мг/л	—	—	—	сл.	—
Цинк Zn ²⁺ , мг/л	—	—	—	0,9	Появление
Мышьяк As, мг/л	—	—	—	0	—
Стабильность, %	—	95	—	92	Незначительное снижение
Титр коли	0,01	100	0,01	100	—
Счет колоний микробов	1180	95	1560	25	—

Влияние сброса неочищенных сточных вод
свинцово-цинкового завода № 2 на речную воду

Показатели	Речная вода			Изменение показателя
	выше сброса сточных вод завода на 100 м	ниже сброса сточных вод завода на		
		100 м	400 м	
Температура, °С	10	10	10	—
Цвет	Серовато-желтый			Без изменения
Запах	Без запаха	Ароматический		Появление
pH	8,1	8	8	Тенденция к снижению
Щелочность, мг-экв/л	6	6	6	Без изменений
Грубодисперсные примеси, мг/л:				
общие	18	10	36	Практически без изменения
прокаленные	2	3	6	
потеря при прокаливании	16	7	30	
Сухой остаток, мг/л:				
общий	2560	2640	2580	Незначительное увеличение
прокаленный	2010	2010	2060	
потеря при прокаливании	550	530	520	
Окисляемость по $KMnO_4$, мг О на 1 л, в воде:				
натуральной	8,2	25,8	55,3	Увеличение
отстоенной	6,9	12,6	50,7	
БПК ₅ , мг О на 1 л	3,7	29,5	73,8	Сильное увеличение
Азот аммонийный NH_4^+ :				
мг/л	5,8	9	20,6	»
мг-экв/л	0,32	0,5	1,15	
Нитриты NO_2^- :				
мг/л	0,49	0,66	0,49	Без изменения
мг-экв/л	0,01	0,01	0,01	
Нитраты NO_3^- :				
мг/л	13,3	13,3	8,9	Без изменения
мг-экв/л	0,21	0,21	0,14	
Кальций Ca^{2+} :				
мг/л	186	200	250	Увеличение
мг-экв/л	9,3	10	12,5	

Показатели	Речная вода			Изменение показателя
	выше сброса сточных вод завода на 100 м	ниже сброса сточных вод завода на		
		100 м	400 м	
Магний Mg^{2+} :				
мг/л	157	179	192	} Увеличение
мг-экв/л	13,1	15	16	
Хлориды Cl^- :				
мг/л	411	411	434	} Практически без изменения
мг-экв/л	11,6	11,6	12,2	
Сульфаты SO_4^{2-} :				
мг/л	996	1078	1037	} Увеличение
мг-экв/л	20,7	22,4	21,6	
Карбонаты CO_3^{2-} :				
мг/л	24	12	27	} Практически без изменения
мг-экв/л	0,8	0,4	0,9	
Бикарбонаты HCO_3^- :				
мг/л	366	366	366	} Без изменения
мг-экв/л	6	6	6	
Кремнекислота SiO_2 , мг/л	4	7	7	} Увеличение
Калий + натрий по разности Na^+ :				
мг/л	387,8	357,3	162,1	} Спущение
мг-экв/л	16,86	15,53	7,04	
Железо Fe, мг/л:				
общее	0,8	1,3	1,2	} Увеличение
окисное	0,5	1,3	0,9	
закисное	0,3	0	0,3	
Медь Cu^{2+} , мг/л, в воде:				
натуральной	0	0	0,016	} Практически без изменения
фильтрованной	0	0	0,017	
Свинец Pb^{2+} , мг/л, в воде:				
натуральной	0,77	3	1,5	} Увеличение
фильтрованной	0,5	1	0,75	
Цинк Zn^{2+} , мг/л, в воде:				
натуральной	1,3	5,8	3,9	} »
фильтрованной	0,36	1,3	1,4	
Мышьяк As, мг/л, в воде:				
натуральной	0	0,04	0,05	} Появление в твердой фазе
фильтрованной	0	0	0	
Кадмий Cd^{2+} в натуральной воде, мг/л	2,1	2,3	0,9	} Практически без изменения
Нефтепродукты, мг/л	—	Сл.	—	
Фенол, мг/л	—	—	Сл.	} »

Т а б л и ц а 11-33
Влияние сброса неочищенных сточных вод предприятия редкометаллической промышленности на речную воду

Показатели	Речная вода				Изменение показателя
	выше сброса сточных вод у насосной станции		ниже сброса сточных вод на		
	1-й анализ	2-й (повторный) анализ	100 м	500 м	
Цвет	Бесцветный		Желтый	Глинистый	Появление цвета
Запах	Без запаха		Землистый	Без запаха	
Прозрачность, см	>25	15	0	0	Резкое снижение
pH	8	7,4	7,8	7,4	
Щелочность, мг-экв/л	8,1	4,8	6,4	4,8	Снижение
Грубодисперсные примеси, мг/л					
общие	26	48	3500	15 850	Увеличение
прокаленные	18	31	3210	14 870	
потеря при прокаливании	8	17	290	980	Увеличение
Сухой остаток, мг/л:					
общий	1420	1580	1700	2 060	Увеличение
прокаленный	1120	1310	1370	1 710	
потеря при прокаливании	300	270	330	350	Незначительное увеличение
Окисляемость по $KMnO_4$, мг O на 1 л	4,4	7	6,9	5,7	
Азот аммонийный NH_4^+ :					Увеличение
мг/л	0,5	0	8,4	29,5	
мг-экв/л	0,03	—	0,46	1,64	Увеличение
Хлориды Cl^- :					
мг/л	44	150	83	211	Увеличение
мг-экв/л	1,2	4,2	2,4	5,9	
Фториды F^- , мг/л	0,4	0,9	4	13	» в 3—4 раза
				7	» в 10—20 раз

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗ РЕАГЕНТОВ

I. Методика пробного коагулирования

В 5—7 одинаковых цилиндров емкостью по 0,25 или 0,5 л наливают исследуемую сточную воду. Затем в каждый из них, за исключением 1-го (являющегося контрольным), вносят возрастающие дозы коагулянта в виде 5- или 10%-ного водного раствора. Например, если проверяют выбранную минимальную дозу 50 мг/л $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, то в 0,5 л цилиндр вносят 0,5 мл 5%-ного раствора $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. После 5 мин перемешивания содержимое цилиндров подвергают 2-ч отстаиванию, при котором наблюдают хлопьеобразование, седиментацию и определяют объем осадка, измеряя его через 3, 5, 10, 15, 30, 60, 90 и 120 мин. За оптимальную дозу коагулянта принимают ту, под влиянием которой в одном из цилиндров прошло интенсивное хлопьеобразование, осветленная вода совершенно прозрачна, время седиментации минимальное и образовавшийся осадок занимает наименьший объем.

II. Методика пробного известкования

В 5—7 одинаковых цилиндров емкостью по 0,25 или 0,5 л наливают испытуемую сточную воду. Затем в каждый из них, за исключением 1-го (контрольного), вносят возрастающие дозы извести в виде 5%-ного по активной окиси кальция известкового молока. Например, при проверке дозы 250 мг/л активной CaO в 0,5-л цилиндр вносят 5 мл такого молока. (Если его приготовили из товарной извести, содержащей 50% активной CaO , то соответственно в 5 мл вводимого молока содержится 500 мг товарного продукта). После 5-мин перемешивания содержимое цилиндров подвергают 2-ч отстаиванию, при котором наблюдают хлопьеобразование, седиментацию и определяют объем осадка, измеряя его через 3, 5, 10, 15, 30, 60, 90 и 120 мин. В осветленной воде (через 2 ч) определяют величину pH. За оптимальную дозу извести принимают ту, под влиянием которой в одном из цилиндров произошло наиболее полное осветление воды, pH ее не ниже 6,5 и не выше 10—12, объем получающегося осадка наименьший, а время седиментации минимальное.

III. Методика пробного хлорирования

В 5—7 одинаковых цилиндров емкостью по 0,25 или 0,5 л наливают исследуемую сточную воду. Затем в каждый из них добавляют 5%-ный по «активному хлору» раствор реагента в увеличивающемся количестве, начиная с теоретически необходимого, рассчитанного по реакциям. Если в 1-й цилиндр введено строго расчетное количество реагента, то во 2-й на 5% больше и т. д. После 5-мин перемешивания содержимому цилиндров дают отстояться в течение 20—30 мин и в верхнем, осветленном слое определяют концентрацию остаточного «активного хлора» обычным титрованием тиосульфатом натрия.

За оптимальную принимают ту дозу при которой концентрация остаточного «активного хлора» составляет 3—5 мг/л. При отсутствии остаточного «активного хлора» и или при концентрации его менее 3 мг/л, т. е. при работе на пределе или с недостатком реагента, реакции окисления окисляющихся веществ могут пройти не до конца. А так как из всех окисляющихся соединений цианиды не обязательно количественно окисляются в первую очередь, то возможно наличие оставшихся неокисленных цианидов. При более высоких концентрациях остаточного «активного хлора» происходит непроизводительный перерасход реагента. Следует при пробном хлорировании строго соблюдать оптимальную величину pH, равную 10—11.

Наличие в очищенной сточной воде 3—5 мг/л остаточного «активного хлора» является гарантийной отсутствия в ней токсичных цианидов. Поэтому не следует в данном случае проводить определение неокисленных цианидов.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА СТОЧНЫХ ВОД

В настоящем приложении приводятся лишь простейшие приемы определения расхода сточных вод в открытых лотках и каналах, а также в закрытых канализационных коллекторах.

1. Понятие о расходе воды и методах его измерения

Расходом называется количество (объем) воды, протекающей в единицу времени через живое сечение потока.

За единицу времени принимается секунда, а за единицу объема — кубический метр; таким образом расход воды выражается в кубических метрах в секунду.

Живым сечением потока называется площадь, занятая водой в поперечном сечении, перпендикулярном направлению течения.

Скоростью течения в какой-либо точке живого сечения потока называется путь, проходимый элементарной частицей воды за единицу времени — 1 сек.

Зависимость между приведенными величинами выражается уравнением

$$Q = vF = vH_{\text{ср}}B,$$

где Q — расход воды, $\text{м}^3/\text{сек}$;

v — средняя скорость во всем сечении потока $\text{м}/\text{сек}$;

F — площадь живого сечения потока, м^2 ;

$H_{\text{ср}}$ — средняя глубина потока в измеряемом сечении, м ;

B — ширина потока, м .

Существует много способов определения расхода воды. Способ выбирают с учетом требуемой точности измерения, местных условий и технических возможностей.

Существующие способы определения расхода воды можно разделить на три группы:

I — измерение площади живого сечения и средней скорости в этом живом сечении (вертушками, батометрами-тахиметрами, поплавками);

II — непосредственное измерение расхода воды (водосливами и объемным способом);

III — смешение воды потока с раствором солей или красителей.

Способы I группы применяют при значительных расходах воды, а способы II и III — при небольших расходах.

Задача по измерению расхода воды в потоке значительной мощности сводится к определению двух величин:

1) площади живого сечения потока в пункте определения расхода;

2) средней скорости в живом сечении потока данного пункта.

Участок, на котором измеряют скорость потока, должен удовлетворять следующим требованиям:

1) он должен быть прямолинейным с правильным однообразным руслом, а живое сечение — практически постоянным на протяжении не меньше, чем тройная ширина потока (для широких каналов). В этом случае скорости потока на данном участке являются относительно равномерными;

2) на участке не должно быть скопления осадков, и он не должен находиться в зоне подпора.

Выбрав участок, приступают к измерениям глубин и скоростей потока.

Площадь живого сечения потока определяют непосредственным измерением ширины потока и его глубин в выбранном месте.

Получение точной величины площади сечения имеет весьма существенное значение, так как в уравнение для вычисления расхода она входит одним из множителей и незначительная ошибка в измерении может привести к сильно искаженным результатам.

Глубину потока измеряют рейкой или шестом соответствующей длины с нанесенными на них делениями через 1 см. Во избежание получения неправильных измерений, особенно при наличии ила на дне лотков или каналов, нижнюю часть шеста следует снабдить площадкой — башмаком.

При неправильной форме русла потока необходимо проводить не менее трех измерений его глубины: в самом глубоком месте створа и ближе к берегам; при правильной форме русла (например, в лотке) достаточно сделать одно измерение

Ширину потока (канала) и расстояние между выбранными точками определяют непосредственным измерением. Зная ширину и глубину потока, можно вычислить площадь его поперечного сечения.

Вычисление проводят аналитически по отдельным частям сечения (треугольникам у берегов и трапециям в средней части сечения). Сумма площадей отдельных треугольников и трапеций дает полную площадь живого сечения потока.

Среднюю скорость потока непосредственно определить нельзя. Ее вычисляют в зависимости от частных скоростей, непосредственно измеренных в потоке.

Для непосредственного определения скорости течения в той или иной точке живого сечения существует много различных приборов, работа которых основана на разных принципах:

1) поплавки, при использовании которых предполагают, что они движутся по поверхности или на глубине потока со скоростью, равной скорости самой воды;

2) батометры-тахиметры, учитывающие скорость по объему поступающей в них воды;

3) вертушки, применение которых основано на предположении, что скорость вращения их лопастей пропорциональна действительной скорости потока.

Использование ряда других приборов и способов (например, применение красителей, солей и т. д.) также связано с теми или иными допущениями.

Наиболее точные результаты измерения скоростей потока дают вертушки, поэтому другие приборы (или способы) применяют только при отсутствии вертушек или при невозможности использования их вследствие недостаточной глубины потока (до 0,5 м) и малых скоростях его течения (до 0,1 м/сек).

Батометры-тахиметры дают достаточно удовлетворительные результаты, хотя и менее точные, чем вертушки. Достоинствами этих приборов являются простота устройства, малая масса, портативность, возможность измерения неглубоких потоков с незначительными скоростями течения.

Поплавки дают менее точные результаты, чем вертушки и батометры-тахиметры, однако при строгом соблюдении всех необходимых условий измерения получаемые результаты практически вполне приемлемы.

Измерение скорости потока введением в него раствора соли или красителя дает также удовлетворительный по точности результат. Особенно удобен этот способ измерения скорости воды в закрытых трубопроводах. Недостатками его являются большое количество требуемой соли и громоздкость аппаратуры.

Частота измерений расхода (интервал между очередными определениями) зависит от требуемой точности и от условий сброса сточных вод. Если колебания расхода сбрасываемой воды незначительны, то измерение можно осуществлять один — три раза в сутки или через каждый час; если же наблюдаются частые и резкие колебания расхода, то измерения проводят через 15—30 мин.

При подсчете количества сточных вод допускают, что на протяжении всего интервала между очередными измерениями количество протекающей воды остается постоянным.

Средний расход воды за определенный интервал времени вычисляют по уравнению

$$Q_{\text{ср}} = \frac{Q_1 + Q_2}{2} T,$$

где Q_1 — расход по предыдущему измерению;

Q_2 — расход по последующему измерению;

T — интервал времени между двумя очередными измерениями.

Полученные таким образом расходы через определенные интервалы в течение часа складывают, получая часовые расходы. Сумма часовых расходов, измеренных в течение суток, дает суточный расход; при делении суточного расхода на 24 получают среднечасовой расход.

Частное от деления максимального часового расхода на среднечасовой расход называется часовым коэффициентом неравномерности притока сточных вод.

2. Определение расхода воды поплавками

Там, где не требуется особой точности в определении расхода потока, наиболее доступным и простым способом является измерение скорости движения воды поплавками. В качестве поплавков чаще всего применяют деревянные кружки или любой небольшой предмет, плавающий на поверхности воды в полупогруженном состоянии.

Удобными для этой цели являются также бутылки, погруженные в воду на $\frac{2}{3}$ их высоты. Такой поплавок, в отличие от деревянного кружка, менее чувствителен к ветру, что имеет весьма существенное значение особенно при измерении небольших скоростей потока. Бутылки заполняют песком или водой и закрывают пробкой.

Разбивка створов. На выбранном для измерения участке разбивают два створа, перпендикулярных направлению течения потока (рис. 1), и отмечают их вешками. Расстояние между ними берут в зависимости от скорости течения так, чтобы продолжительность проплывания между ними поплавка была не менее 10—20 сек. Расстояние между створами измеряют.

Определение площади живого сечения потока.

Для этого на участке измеряют глубины потока на обоих створах. Число измерений в каждом створе зависит от ширины и характера русла потока. При неправильных руслах оно должно быть больше, чтобы точнее установить его профиль (см. рис. 2).

Среднюю площадь живого сечения $F_{\text{ср}}$ участка AB (см. рис. 1) принимают равной полусумме площадей по створу AA и по створу BB . Найденная величина входит в уравнение расхода:

$$F_{\text{ср}} = \frac{F_A + F_B}{2} \text{ м}^2.$$

Определение скорости и расхода. Среднюю скорость потока вычисляют по измеренным в натуре поверхностным скоростям. Обычно поверхностные скорости измеряют в трех точках по ширине потока. Для этого поплавки пускают ближе к правому и левому берегам и посередине потока. В каждой точке должно быть пущено не менее трех поплавков. Время прохождения поплавками межстворного расстояния отмечают по секундомеру, а скорость определяют затем по уравнению

$$v = \frac{s}{T} \text{ м/сек},$$

где s — расстояние между створами, м;

T — время прохождения поплавком расстояния между створами (среднее для всех поплавков, пущенных из данной точки), сек.

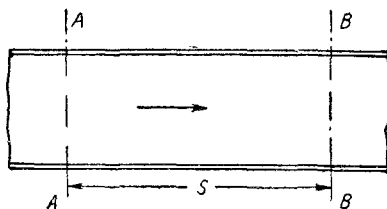


Рис. 1. Створы, перпендикулярные направлению потока:

AA — верхний створ; BB — нижний створ

По полученным грем скоростям (v_1 и v_3 у берегов и v_2 посередине) определяют среднюю поверхностную скорость потока:

$$v_{\text{ср}} = \frac{v_1 + 2v_2 + v_3}{4} \text{ м/сек.}$$

Вычисленная таким образом средняя поверхностная скорость несколько больше действительной средней скорости потока. Чтобы определить среднюю

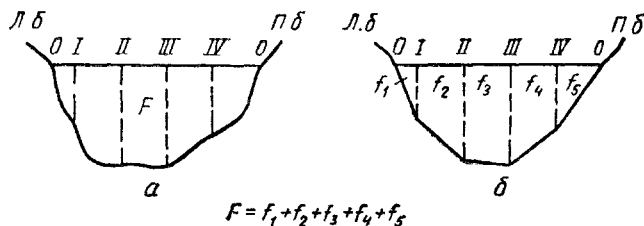


Рис. 2. Живое сечение профиля русла:

a — фактическое очертание русла; *b* — очертание русла, принятое для определения площади живого сечения; Л. б — левый берег, П. б — правый берег

скорость для всего живого сечения потока, для найденной средней поверхностной скорости вводят поправочный коэффициент k . Величину его принимают равной 0,85

Действительный расход воды на измеряемом участке AB определяют по уравнению

$$Q = k \cdot v_{\text{ср}} F_{\text{ср}} \text{ м}^3/\text{сек.},$$

где $F_{\text{ср}}$ — средняя площадь живого сечения между створами AA и BB .

3 Определение расхода воды батометром-тахиметром

Батометр-тахиметр представляет собой резиновую камеру (камеру футбольного мяча), снабженную металлической трубкой (рис. 3) Через эту трубку в погруженный в воду батометр-тахиметр поступает вода По количеству воды, измеренному мерным цилиндром после извлечения батометра-тахиметра из потока, и времени наполнения батометра-тахиметра определяют секундный приток (расход) воды через трубку батометра-тахиметра. Затем по тарировочной кривой (рис. 4) находят соответствующую этому притоку скорость движения воды в данной точке живого сечения потока.

Батометр-тахиметр тарируют заранее в специальных бассейнах К каждому прибору прилагается кривая (паспорт) как результат его тарировки К одной резиновой камере подводят две трубки разных диаметров (6 и 3 мм) или одну трубку диаметром 6 мм с насадкой диаметром 3 мм.

На выбранном для измерения участке разбивают одно створное сечение, в котором измеряют глубину потока в соответствии с указанными выше правилами При ширине потока не более 1 м и правильном прямоугольном русле глубину измеряют в одном месте; при широких потоках и неправильной форме русла число измерений увеличивают до трех: в середине потока и у берегов.

Если глубина потока не превышает 0,5—0,6 м и не требуется особо точного определения расхода воды, то скорости можно измерять только в одной точке каждой вертикали. Эту точку следует располагать на глубине 0,6Н от поверхности, где H — глубина потока в месте измерения скорости.

Найденная скорость по величине близка к средней по всей вертикали, что имеет весьма большое значение в практической работе, так как при минимальном времени измерения можно получить близкий к действительности результат.

При работе батометр-тахиметр закрепляют на штанге и вместе с ней опускают на необходимую глубину по намеченной вертикали. Перед опусканием прибора в воду, сжимая камеру рукой, удаляют из нее воздух.

Во время опускания носок батометра-тахиметра направляют по течению потока (см. рис 3), так как преждевременное попадание в него воды может значительно исказить величину определяемой скорости. Погрузив прибор на требуемую глубину, штангу поворачивают на 180° , в результате чего носок располагается против течения потока (см. рис 3); одновременно включают секундомер. Продолжительность наполнения определяют на месте в зависимости от скорости потока так, чтобы в баллон набралось $300-500 \text{ см}^3$ воды. Перед извлечением на поверхность батометр-тахиметр еще раз поворачивают на 180° ; мо-

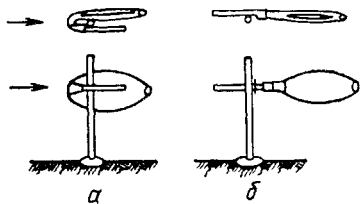


Рис. 3. Батометр-тахиметр:

a — положение батометра во время опускания, *b* — положение батометра во время работы

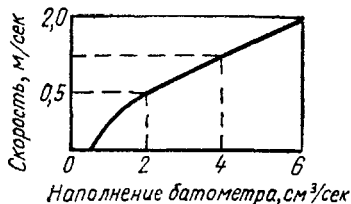


Рис. 4. Тарировочная кривая

мент поворота отмечают секундомером. Данные о количестве набранной воды и продолжительности наполнения батометра-тахиметра заносят в журнал. Носок батометра-тахиметра следует направлять строго против течения, так как отклонения его в сторону искажают получаемые результаты.

Для повышения точности измерения скорость в каждой точке при глубине потока $> 0,6 \text{ м}$ следует определять не менее трех раз и принимать за расчетное среднее арифметическое значение

Таким образом осуществляют работу по всем намеченным скоростным вертикалям потока. Число вертикалей должно быть не менее трех (у левого и правого бортов каналов или лотка и посередине).

Расход воды вычисляют следующим образом. Полусумму скоростей двух смежных вертикалей умножают на площадь живого сечения (f_1, f_2, \dots, f_4), заключенную между этими вертикалями (см. рис. 2). В результате получают так называемые частные расходы.

$$q_1 = \frac{v_0 + v_1}{2} f_1, \quad q_2 = \frac{v_1 + v_2}{2} f_2 \dots$$

Сумма частных расходов равна искомому действительному расходу. Определение расхода батометром-тахиметром при надлежащем выполнении измерений дает результаты, хотя и уступающие по точности значениям, получаемым при работе с вертушками, но превышающие точность, получаемую при использовании поплавков. Это обусловлено отсутствием в формулах для вычисления расхода переходного коэффициента k , величину которого точно установить довольно трудно.

4. Определение расхода воды вертушками

Все вертушки делят на две основные группы:

- 1) вертушки с лопастями, вращающимися на горизонтальной оси (рис. 5);
- 2) вертушки с лопастями, вращающимися на вертикальной оси (рис. 6).

При работе с вертушкой, как и при работе с батометром-тахиметром, необходимо следить за тем, чтобы вертушка была установлена под прямым углом

к поперечному сечению потока. На точность измерения большое влияние оказывает чувствительность вертушки, т. е. возможность вращения лопастей при малой скорости потока.

Порядок подготовительных работ (выбор места, разбивка створа, измерение глубин, глубина погружения вертушки и вычисление площади живого сечения) при работе с вертушками остается таким же, как и при работе с батометром-тахиметром.

Работы по измерению скоростей вертушками проводят следующим образом. После сборки и соединения с сигнализацией (см. рис. 5) вертушку на штанге опускают в поток на необходимую глубину. Лопасти вертушки устанавливают под прямым углом к направлению потока в выбранном живом сечении.

Время между сигналами¹, регистрирующими число оборотов лопастей вертушки², начинают измерять только после установки вертушки на требуемой глубине и получения одного-двух сигналов.

Время между сигналами вертушки определяют по секундомеру.

Продолжительность наблюдений в точке измерения ориентировочно при-

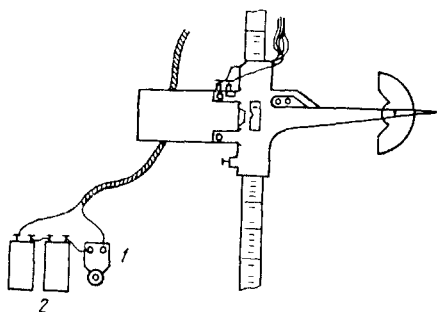


Рис. 5. Вертушка с лопастями, вращающимися на горизонтальной оси:

1 — электрический звонок; 2 — электрическая батарея

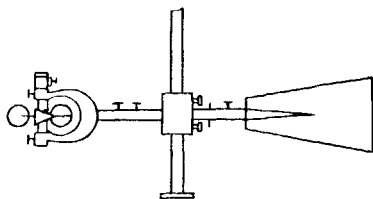


Рис. 6. Вертушка с лопастями, вращающимися на вертикальной оси

нимают равной 2—3 мин., однако число оборотов лопастей вертушки в такой точке должно быть не менее 100.

Зная общее число оборотов N и время наблюдений T , вычисляют количество оборотов вертушки в 1 секунду:

$$h = \frac{N}{T}.$$

По полученному значению h , пользуясь тарировочной кривой или формулой (которые определяются при тарировке вертушки и являются ее паспортом), вычисляют соответствующие этим значениям h скорости потока в точке измерения. Дальнейший ход работ по вычислению расхода воды в живом сечении потока совершенно аналогичен описанному выше при работах с батометром-тахиметром³.

По окончании работы лопасти вертушки следует тщательно промыть каким-либо растворителем (бензином, бензолом, эфиром и др.).

¹ Время обычно отмечают по моментам окончания каждого сигнала.

² Число оборотов вертушки за время между двумя сигналами обычно составляет 25—50; для каждой вертушки при тарировке указывается число, которое используют при расчете скорости потока.

³ При измерении расхода воды рекомендуется пользоваться вертушками системы Жестовского или Института водного хозяйства ИВХ.

5. Определение расхода воды непосредственным измерением

При определении расхода воды в небольших каналах, трубах и т. п., суточный расход которой не превышает 100 м^3 ($1,2 \text{ л/сек}$), наиболее удобным способом является непосредственное измерение ее объема каким-либо сосудом, чаще всего ведром. В этом случае измеряемый поток перехватывают запрудой (земляной, деревянной или какой-либо другой) и отводят лотком к мерному сосуду. Измерить расход воды в трубе непосредственно можно только в том случае, если имеется возможность направить поток в мерный сосуд.

Время наполнения сосуда отмечают по секундомеру, а емкость его измеряют заранее. По времени наполнения и емкости сосуда вычисляют секундный расход рассматриваемого потока:

$$Q = \frac{W}{T},$$

где Q — расход потока, л/сек или $\text{м}^3/\text{сек}$;
 W — емкость мерного сосуда, л или м^3 ;
 T — время наполнения сосуда, сек .

Точность определения расхода воды по приведенному способу можно по желанию довести до весьма высокой степени, увеличив объем мерного сосуда, а следовательно, и время его наполнения. Увеличение времени наполнения сосуда имеет особенно важное значение, так как основной причиной ошибок является неточность его отсчета.

Для любой желаемой степени точности определения расхода воды требуемую емкость мерного сосуда вычисляют по формуле

$$W = \frac{Q^2 dT}{dQ},$$

где dT — суммарная ошибка отсчета времени (неправильная отметка моментов начала и конца наполнения, неточность в отсчете по секундомеру или часам, а также и ошибка в определении W);

dQ — требуемая степень точности определения расхода воды, %.

Объем мерного сосуда должен быть таким, чтобы время его наполнения было не менее 10 сек . Если нет большого мерного сосуда, точность результатов можно повысить повторными измерениями имеющимся малым сосудом. По полученным результатам вычисляют среднее значение.

6. Определение расхода воды водосливами

Если суточный расход потока больше 100 м^3 , то применение мерного сосуда затруднительно. В таких случаях устраивают так называемые водосливы, т. е. пропускают всю воду потока под некоторым напором через точно определенные отверстия вертикальной стенки, установленной поперек сечения потока (рис. 7).

На практике чаще всего используют водосливы двух видов:

- 1) прямоугольный водослив с боковым сжатием струи, когда ширина b отверстия стенки меньше ширины B русла потока;
- 2) прямоугольный водослив без бокового сжатия, когда ширина водослива равна ширине потока, т. е. $b = B$.

В обоих случаях гребень порога водослива должен быть заостренным и горизонтальным.

При водосливе с боковым сжатием должны быть заострены и боковые стенки. При постройке водосливов необходимо следить за тем, чтобы стенка (запруда) была вертикальной и расположена перпендикулярно направлению течения.

Протекание воды мимо водосливного отверстия недопустимо. Пространство между низовой (несмоченной) стороной стенки и вытекающей струей должно сообщаться с атмосферой.

При одинаковых общих условиях точность измерения выше у водосливов без бокового сжатия.

Секундный расход воды через водослив определяют по формуле:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b H \sqrt{2gH} = \frac{2}{3} \mu b H^{3/2} \sqrt{2g},$$

где μ — опытный коэффициент зависящий от ширины порога, толщины стенок водослива и др., изменяющийся от 0,6 до 0,75. Обычно μ принимают равным 0,68. Эту же величину берут и в случае применения водослива с боковым сжатием;

b — ширина водослива (она должна быть такой, чтобы напор составлял не менее 5 см);

H — свободный напор, равный высоте слоя воды, расположенной над порогом водослива (H измеряют на расстоянии $\geq 3H$ от порога);

g — ускорение силы тяжести, равное $9,81$ м/сек²;

Когда скорость потока перед водосливом велика, в выражение для расчета Q вводят поправку:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left[\left(H + \frac{v^2}{2} \right)^{3/2} - \left(\frac{v^2}{2} \right)^{3/2} \right],$$

где v — скорость выше потока водослива.

Для определения μ используют следующую формулу, дающую достаточно точные результаты:

$$\mu = 0,5757 + 0,058 \frac{b}{B} + \frac{0,0008}{H}.$$

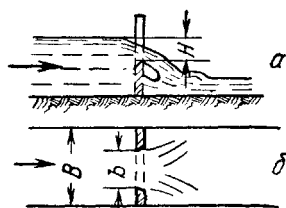


Рис. 7. Водослив:

a — вид сбоку; b — план; B — ширина канала; b — ширина водослива; H — напор на водосливе

Все приведенные выше формулы и таблицы относятся к незатопленным водосливам (незатопленным водосливом называется такой водослив, у которого отметка порога выше отметки уровня воды непосредственно за стенкой).

Когда установить незатопленный водослив нельзя (при переполнении каналов), расход воды можно определить и затопленным водосливом. Количество воды Q_1 , проходящее через такой водослив, можно рассчитать по формуле

$$Q_1 = KQ,$$

где K — коэффициент затопления;

Q — количество воды проходящей через незатопленный водослив, определяемое по приведенным выше формулам или расчетным таблицам.

Коэффициент затопления определяют по формуле

$$K = 1,05 \left(1 - 0,2 \frac{H - z}{P} \right) \sqrt[3]{\frac{z}{H}},$$

где H — напор на водосливе;

z — разность уровней до водослива и после него;

P — высота водослива (рис. 8).

Напор следует измерять не на гребне водослива, а на расстоянии, превышающем $3H$ от порога.

Отсчеты делают от вспомогательной деревянной рейки длиной 1,5—2,5 м, уложенной строго по уровню (рис. 9). Рейку укладывают на высоте, удобной для измерений.

Искомый напор на водосливе H равен разности величин m и n . Величину n следует всегда отсчитывать в одном и том же месте. Периодически нужно измерять также величину m для того, чтобы проверить правильность установки рейки.

Величины m и n обычно измеряют деревянной планкой с делениями нанесенными через 0,5 см. Длина планки должна соответствовать расстоянию от порога водослива до базисной рейки.

Результаты измерений и вычислений удобно записывать по следующей форме:

Время измерения	Отметка порога водослива, м	Отметка поверхности воды, м	Напор на водосливе, м	Табличное значение расхода на 1 м ширины водослива, л/сек	Количество воды, проходящей через водослив, л/сек	Количество воды за интервал между измерениями	Расход воды, м ³ /ч

Перед установкой водослива лоток или канал следует очистить от скопившихся в нем наносов. Обычно водослив приходится ставить в наполненном водой лотке или колодце. Перед началом работ необходимо убедиться, что протекающая сточная вода не содержит веществ, вредно действующих на человека. При работе в канализационных колодцах следует предварительно убедиться в отсутствии вредных газов; при наличии таких газов надо принять меры к их удалению.

Особенные трудности встречаются при установке водослива в канализационном колодце. Обычно диаметр колодца не превышает 1,0—1,5 м. Это расстояние

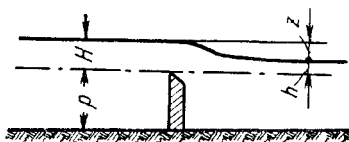


Рис. 8. Затопленный водослив

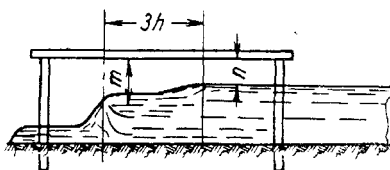


Рис. 9. Схема расположения измерительных рек

является той предельной длиной лотка, на которой будет установлен водослив и выбрана точка для измерения напора на водосливе.

Для установки водослива нужно выбрать такой колодец, в котором не было боковых присоединений и имелся бы правильно оформленный лоток. Колодец следует тщательно очистить от наносов и проверить, чтобы в нем не было подпора, вызываемого главным образом засорением коллектора.

Водослив устанавливают только с боковым сжатием струи на расстоянии 0,15—0,20 м от выхода воды из колодца.

Ширину окна водослива (b) следует выбирать так, чтобы напор на водосливе не превышал 0,15 м. Если напор будет более 0,15 м, то конец кривой спада выйдет за пределы колодца.

Измерять следует от рейки, установленной по уровню над люком колодца.

Водосливы в канализационных колодцах можно устанавливать только в том случае, когда по коллектору протекает не более 30 л/сек сточной воды. При больших расходах для измерения следует применять батометр-тахиметр или вертушку.

При измерениях небольших расходов воды (до 30 л/сек) следует использовать трапецидальные или треугольные водосливы, применение которых дает более точные результаты.

Трапецидальный водослив (рис. 10) является водосливом с боковым сжатием струи. Вырез водослива делают в виде равнобокой трапеции с наклоном боковых стенок к переливному порогу 4 : 1. Порог водослива должен возвышаться над дном канала (или лотка) не менее чем на величину максимального напора на водосливе (H).

Удовлетворительные результаты измерений получают в том случае, когда величины напора на водосливе более 0,05 м. С учетом этого принимают ширину отверстия водослива

Измерение свободного напора описано выше

Расход воды через водослив определяют по формуле

$$Q = 1,86bH^{3/2},$$

где b — ширина водослива,

H — напор на водосливе

Треугольный водослив (рис 11) устанавливают так же, как и трапецидальный. Вырез водослива делают по контуру равнобедренного треугольника

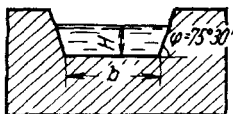


Рис 10 Трапецидальный водослив



Рис 11 Треугольный водослив

Различают водосливы с прямым углом треугольника, с тупым и острым углами

Напор на водосливе рекомендуется выбирать не менее 0,05 м, так как в этом случае результаты получаются более точными

Расход воды через водослив с прямым углом определяют по формуле

$$Q = 1,4 H^{5/2}$$

Для упрощения расчетов при измерении расхода воды водосливами можно пользоваться табл IV-1—IV-4

Для водосливов треугольного сечения с углами 10 и 90° значения расхода воды находят непосредственно в таблицах. Для трапецидальных водосливов в табл IV-2 приведены значения расхода воды, отнесенные к длине ребра водослива $B = 1,0$ м

Величину истинного расхода определяют умножением табличного значения расхода (Q) на отношение b/B

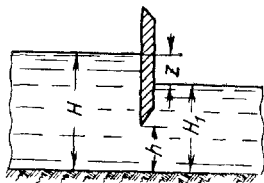


Рис 12 Схема измерения расхода воды методом истечения из-под щита

H — глубина потока перед щитом, H_1 — глубина потока за щитом, z — напор под которым происходит истечение, h — высота поднятия щита

7. Определение расхода воды методом «истечения из-под щита»

Если не требуется большой точности в определении расхода, для его измерения можно воспользоваться шиберами, которыми почти всегда оборудованы каналы и лотки, подающие воду на очистные сооружения или отводящие очищенную воду (рис 12)

Расход воды, проходящей через отверстие, образующееся при поднятии щита (шибера), можно определить по уравнению

$$Q = 2,75bh \sqrt{z},$$

где b — ширина отверстия, м,

h — высота поднятия щита, м,

z — разность уровней воды до щита и после него, м

Для облегчения вычислений в табл IV-5 приведены данные о расходе воды из-под щита при ширине отверстия b и высоте поднятия щита h равных 1,0 м

При определении расхода нужно табличное значение его, соответствующее измеренной разности уровней z , умножить на фактическую ширину и высоту отверстия, выраженные в метрах

Расход воды через водослив шириной $b = 1,00$ м

$$Q = 2,36bH^{3/2} \sqrt{2g}$$

Q — искомый расход через водослив, л/сек

b — ширина отверстия водослива, м.

H — свободный напор на водосливе, м

$$\mu = 0,5757 + 0,058 \frac{b}{B} + \frac{0,0008}{H}$$

b/B	H														
	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075
0,1	0,770	1,950	3,440	5,200	7,160	9,350	11,68	14,22	16,89	19,75	22,70	25,80	29,00	32,40	35,90
0,2	0,778	1,970	3,480	5,250	7,230	9,420	11,80	14,32	17,05	19,90	23,00	26,00	29,30	32,70	36,30
0,3	0,784	1,983	3,510	5,290	7,300	9,500	11,91	14,43	17,21	20,10	23,20	26,20	29,60	33,00	36,60
0,4	0,789	2,000	3,540	5,340	7,360	9,590	12,02	14,57	17,40	20,30	23,40	26,60	29,80	33,40	37,00
0,5 *	0,795	2,020	3,570	5,390	7,480	9,630	12,13	14,71	17,55	20,50	23,60	26,80	30,10	33,70	37,60
0,6	0,801	2,039	3,600	5,440	7,500	9,780	12,24	14,85	17,70	20,70	23,80	27,10	30,40	34,00	37,80
0,7	0,807	2,054	3,640	5,490	7,570	9,880	12,35	15,00	17,87	20,90	24,00	27,30	30,70	34,40	38,00
0,8	0,813	2,071	3,660	5,540	7,630	9,970	12,46	15,15	18,03	21,10	24,20	27,50	31,00	34,70	38,40
0,9	0,819	2,085	3,690	5,580	7,700	10,06	12,58	15,30	18,20	21,30	24,40	27,80	31,30	35,00	38,70
1,0	0,825	2,104	3,730	5,630	7,770	10,12	12,69	15,42	18,37	21,45	24,60	28,10	31,60	35,30	39,00

b/B	H														
	0,080	0,085	0,090	0,095	0,100**	0,105	0,110	0,115	0,120	0,125	0,130	0,135	0,140	0,145	0,150
0,1	39,50	43,30	47,10	51,10	55,00	59,30	63,50	67,80	72,10	76,90	81,60	86,10	91,00	95,80	100,8
0,2	39,80	43,70	47,60	51,60	55,60	59,90	64,10	68,40	72,80	77,60	82,10	86,90	91,70	96,60	101,5
0,3	40,20	44,10	48,00	52,00	56,10	60,40	64,70	69,10	73,60	78,40	83,00	87,70	92,60	97,60	102,5
0,4	40,60	44,50	48,40	52,50	56,70	60,90	65,30	69,80	74,40	79,20	83,90	88,60	93,50	98,50	103,5

Таблица IV-4
 Расход воды, протекающей через треугольный щелевой незатопленный водослив ($\alpha = 10^\circ$), в зависимости от напора H , м/сек

H , м	0,000	0,002	0,004	0,006	0,008	H , м	0,000	0,002	0,004	0,006	0,008
0,03	—	0,059	0,046	0,053	0,060	0,14	1,145	1,184	1,213	1,252	1,291
0,04	0,068	0,076	0,084	0,092	0,100	0,15	1,340	1,380	1,420	1,460	1,500
0,05	0,108	0,119	0,129	0,140	0,150	0,16	1,540	1,588	1,637	1,685	1,734
0,06	0,161	0,174	0,188	0,201	0,215	0,17	1,782	1,837	1,891	1,946	2,000
0,07	0,228	0,244	0,260	0,277	0,293	0,18	2,005	2,114	2,173	2,232	2,291
0,08	0,309	0,328	0,347	0,366	0,385	0,19	2,350	2,412	2,474	2,536	2,598
0,09	0,404	0,426	0,447	0,469	0,490	0,20	2,660	2,726	2,792	2,858	2,924
0,10	0,512	0,539	0,563	0,589	0,614	0,21	2,990	3,054	3,118	3,182	3,244
0,11	0,640	0,671	0,702	0,733	0,764	0,22	3,310	3,380	3,450	3,520	3,590
0,12	0,795	0,828	0,862	0,896	0,929	0,23	3,660	3,784	3,808	3,882	3,956
0,13	0,963	0,999	1,036	1,072	1,109	0,24	4,030	—	—	—	—

Таблица IV-5
 Данные для определения расхода воды при истечении ее из-под щита по формуле $Q = 2,75bh\sqrt{z}$ при $h = 1,0$ м и $b = 1,0$ м

z , м	Q , л/сек	z , м	Q , л/сек	z , м	Q , л/сек	z , м	Q , л/сек	z , м	Q , л/сек
0,005	195	0,055	644	0,105	890	0,155	1080	0,205	1243
0,01	275	0,060	675	0,110	912	0,160	1100	0,210	1260
0,015	335	0,065	700	0,115	932	0,165	1113	0,215	1275
0,020	388	0,070	726	0,120	950	0,170	1130	0,220	1290
0,025	435	0,075	753	0,125	972	0,175	1150	0,225	1304
0,030	475	0,080	776	0,130	990	0,180	1165	0,230	1320
0,035	515	0,085	803	0,135	1010	0,185	1180	0,235	1335
0,040	550	0,090	825	0,140	1030	0,190	1200	0,240	1345
0,045	584	0,095	844	0,145	1045	0,195	1220	0,245	1360
0,050	612	0,100	870	0,150	1063	0,200	1236	0,250	1375

Значения расходов даны в л/сек для величины z через 5 мм. Значения расходов для промежуточных величин могут быть получены интерполяцией.

Разность уровней может быть найдена по значениям глубин воды в лотке до щита и после него, если дно лотка до щита и после него имеет одну и ту же отметку.

Разность уровней воды до щита и после него может быть также определена аналогично тому, как это описано при определении расхода воды водосливами.

8 Определение расхода по тарированной рейке

Для потоков с устойчивым руслом (канал, лоток) существует постоянная однозначная зависимость между расходом (Q) и глубиной потока (H), выраженная уравнением

$$Q = f(H)$$

Установив однажды эту зависимость и изобразив ее в виде кривой, в дальнейшем достаточно измерять только глубину потока; соответствующий ей расход воды находят по этой кривой простым отсчетом.

Тарировка рейки, т. е. установление зависимости Q от H , состоит в том, что одновременно с измерением расхода воды в канале (вертушкой, водосливом, барометром) фиксируют уровень воды по закрепленной в нем рейке. Полученные значения наносят на координатную сетку, на которой по оси абсцисс откладывают расходы в литрах в секунду, а по оси ординат — уровни в метрах.

Соединенные между собой точки при различных расходах и соответствующих им уровнях образуют кривую, отображающую зависимость

$$Q = f(H).$$

Определение расхода по тарированной рейке сводится к измерению уровня воды по ней и последующему определению расхода сточных вод по графику $Q = f(H)$ при данном уровне. Для тарировки рейки выбирают прямой участок лотка или канала. На этом участке рядом с каналом устраивают карман размером $0,3 \times 0,3$ м в плане, в котором устанавливают рейку. Карман соединяют с лотком или каналом посредством отверстия в стенке, отделяющей карман от канала; отверстие нужно располагать ближе к дну канала с таким расчетом, чтобы в него не могла поступать всплывшая на поверхность воды нефть, так как в противном случае рейка покроется нефтью.

В канале и кармане устанавливается одинаковый уровень воды, и в то же время благодаря отсутствию движения воды в кармане поверхность ее будет находиться в покое, что позволит делать отсчеты с большей точностью.

Перед тарировкой рейки весь участок канала следует очистить от наносов.

При тарировке рейки водосливом его нужно установить выше кармана по течению на расстоянии не менее 2—3 м.

9 Определение расхода воды способом смещения

Когда сточные воды не содержат большого количества растворенных солей для измерения расхода воды можно применить так называемый способ смещения. Он состоит в том, что на верхнем (пусковом) створе в поток вводят раствор хлорида натрия NaCl , обладающий высокой и постоянной концентрацией. Этот раствор смешивается с водой потока. Продолжительность ввода раствора хлорида натрия 3—5 мин.

Насыщенный раствор хлорида натрия (около 240 г/л при 15°C) готовят за 2—3 ч до начала ввода его в поток. Объем раствора определяют из расчета 5—6 л на каждые 100 л/сек расхода воды в потоке при продолжительности непрерывного ввода этого раствора 5 мин.

Для приготовления раствора у пускового створа устанавливают бак, а рядом с ним сосуд для дозирования раствора, вводимого в поток. Этот сосуд должен обеспечить постоянно расход выпускаемого раствора, что достигается поддержанием в нем постоянного напора.

**ВРЕМЕННЫЕ САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ,
ОБОРУДОВАНИЯ И СОДЕРЖАНИЯ СКЛАДОВ
ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СИЛЬНО ДЕЙСТВУЮЩИХ ЯДОВИТЫХ
ВЕЩЕСТВ (СДЯВ) ¹**

I Общие положения

1. Настоящие Правила распространяются на все вновь проектируемые и реконструируемые склады СДЯВ, за исключением складов при предприятиях, производящих СДЯВ

2. В водопроводно-канализационном хозяйстве к СДЯВ относятся, в частности: жидкий хлор, хлорная известь, гипохлорит кальция, гипохлорит натрия.

3. Расходные склады предназначаются для хранения СДЯВ в количествах, необходимых для производственных нужд предприятия

II Санитарные требования к размещению складов СДЯВ

8. Расходные склады разрешается размещать на территории промышленных предприятий, водопроводных и канализационных хозяйств, колхозов, совхозов и других объектов, постоянно или периодически потребляющих СДЯВ.

9. Расходные склады СДЯВ надлежит размещать в изолированных пристройках к производственным зданиям, в которых потребляют СДЯВ, если в габаритах этих зданий или пристройках к ним не размещены заводоуправление, конструкторское бюро, пункт питания или здравпункт.

Пристройку расходного склада СДЯВ надлежит располагать с противоположной стороны производственного здания по отношению к бытовым помещениям. Точно так же не следует располагать в сторону расходного склада СДЯВ окна и выходы в указанные вспомогательные помещения соседних цехов.

11. Допускается размещение расходных складов СДЯВ в изолированных секциях или пристройках к отдельно стоящим на территории предприятия складским зданиям, кроме складов для хранения пищевых продуктов.

12. Санитарно-защитная зона от расходных складов СДЯВ, располагаемых на территории вновь проектируемых предприятий (объектов), до ближайших жилых и общественных зданий отдельно не предусматривается. Эта зона обеспечивается санитарно-защитной зоной, устанавливаемой для самих предприятий Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий Н-101-54.

13. Санитарно-защитная зона от расходных складов СДЯВ реконструируемых промышленных предприятий (объектов), не имеющих требуемого Н-101-54 санитарного разрыва, устанавливается в каждом конкретном случае местными органами Государственного санитарного надзора.

14. Устройство расходных складов СДЯВ в подвалах жилых, общественных, производственных и вспомогательных зданий не допускается.

15. Расходные склады СДЯВ очистных сооружений для очистки сточных вод надлежит размещать на территории этих сооружений, на расстоянии не менее 300 м от жилых, общественных и производственных зданий промышленных предприятий.

21. Приемку всех видов складов СДЯВ в эксплуатацию надлежит производить в соответствии со строительными нормами и правилами (III-A, 2, § 3, п.4)

III. Предельно допустимые количества хранящихся на складе СДЯВ

24. Максимальное количество СДЯВ, хранящихся на складах водопроводных и канализационных хозяйств, не должно превышать 2-месячной потребности.

¹ Выдержки из Санитарных правил. В данной выдержке выпущены пункты, касающиеся базисных и железнодорожных складов.

*IV Санитарные требования к устройству, оборудованию
и содержанию складов СДЯВ*

26. Базисные и расходные склады СДЯВ разрешается размещать в наземных, заглубленных и полуглубленных зданиях. Размеры, планировка и конструктивные элементы зданий складов СДЯВ должны соответствовать Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий Н-101—54.

29. Помещения базисных и расходных складов СДЯВ должны быть строго специализированными. В каждом складском помещении допускается хранение только тех групп СДЯВ, для которых это помещение предназначено и оборудовано.

30. Не допускается совместное хранение в одном складском помещении СДЯВ, могущих вступать во взаимодействие друг с другом. Хранение указанных СДЯВ разрешается только в совершенно изолированных отсеках (секциях) одного складского здания, имеющих самостоятельные входы с противоположных сторон здания и изолированных друг от друга.

33. Хранение СДЯВ на расходных складах под навесами, под открытым небом, а также в сырых помещениях (подвалах) запрещается.

34. При базисных и расходных складах СДЯВ должны быть следующие бытовые помещения: пропускник с гардеробом, душевыми и умывальными, уборные, помещения для хранения и обезвреживания рабочей одежды.

П р и м е ч а н и е. При расходных складах СДЯВ устройство специальных бытовых помещений не требуется в случае наличия таковых в соседних производственных или вспомогательных зданиях предприятия (объекта).

43. Устройство внутренних вводов водопровода и канализации, а также естественного освещения в помещениях для хранения СДЯВ не обязательно. Необходимость отопления помещений для хранения СДЯВ определяется физико-химическими свойствами СДЯВ, климатическими условиями района размещения склада и технологическими требованиями предприятий-потребителей СДЯВ.

44. Искусственное освещение помещений для хранения, а также помещений для расфасовки и розлива СДЯВ должно отвечать Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий Н-101—54.

45. Отделка стен, потолков и внутренних конструкций складских помещений для хранения, расфасовки и розлива СДЯВ должна защищать конструкции от химического воздействия СДЯВ и допускать легкую очистку и мытье поверхностей. Сопряжение стен с полом и потолком должно иметь закругленную форму.

46. Полы складских помещений для хранения СДЯВ должны иметь ровную, гладкую и легко моющуюся поверхность, а также достаточный уклон для стока и отвода вод.

47. В помещениях для хранения СДЯВ должна быть предусмотрена постоянно действующая естественная приточно-вытяжная вентиляция и механическая вытяжная вентиляция на случай аварии.

53. Для хранения СДЯВ в мелкой таре (барабанах и пр.) помещения расходных складов должны быть оборудованы удобными для обслуживания и легко доступными пристенными полками и стеллажами с устроенными в них гнездами (клетками) соответственно габаритам тары.

54. Для перемещения тяжестей (барабанов) во время погрузки и разгрузки надлежит применять ручные тачки, механические тележки или платформы.

55. В складах СДЯВ должны быть вывешены инструкции и правила по обращению с барабанами и т. п.

58. Все расходные склады СДЯВ должны быть обеспечены средствами для обеззараживания (дегазации) ядов, средствами личной защиты работающих (противогазами и кислородными приборами), запасом прозодежды и снаряжения.

Работники склада, выполняющие приемку и отпуск, разгрузку и погрузку СДЯВ, должны быть снабжены для работы халатами, прорезиненными фартуками, резиновыми перчатками, предохранительными очками и противогазами.

62. На расходных складах СДЯВ надлежит производить силами технического персонала предприятий (объектов) ежемесячный технический осмотр и проверку состояния тары.

63. Органы местного Государственного санитарного надзора должны проверять состояние складов для хранения СДЯВ не реже одного раза в 6 месяцев.

64. Данные проверки (внешнего осмотра содержания складских помещений, состояния тары и аппаратуры, работы вентиляционных устройств, обеспеченности работающих на складе средствами личной защиты, прозодеждой, наличия средств для обеззараживания ядов и т. п.) и предложения по результатам проверки надлежит записывать в производственный журнал (тетрадь) и сообщать лицам, ответственным за эксплуатацию склада.

65. Эксплуатация склада при нарушении условий хранения СДЯВ запрещается до устранения всех дефектов, выявленных при осмотре склада контролирующими органами.

67. С изданием настоящих Санитарных правил отменяются ранее изданные Санитарные правила размещения, устройства и содержания складов хранения СДЯВ, утвержденные 19 сентября 1953, г. № 150—53, и дополнения к ним, утвержденные 22 января 1954, г. № 156—54.

**ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ ¹**

Глава IV

**ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ УСТРОЙСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ВОДОПРОВОДНЫХ И КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

1. Требования к устройству очистных сооружений

1. Общие требования

138. В зданиях для очистных сооружений должны быть предусмотрены специальные помещения для обслуживающего персонала, оборудованные умывальниками и индивидуальными шкафами для одежды рабочих. Количество умывальников и шкафов должно соответствовать Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий Н-101—54 и строительным нормам и правилам.

139. Для размещения очистных сооружений в здании необходимо предусмотреть рабочие проходы между отдельными сооружениями, а также между сооружениями и стенами здания, ширина прохода должна быть не менее 1 м.

140. Рабочие проходы, расположенные на высоте более 0,8 м над полом, или же помосты для обслуживания сооружений с водой должны иметь ширину не менее 0,6 м и снабжаться ограждениями высотой не менее 1 м со сплошной зашивкой внизу по 0,2 м.

141. Участок, занятый очистными сооружениями, должен быть оборудован нормальным наружным освещением. Места постоянного обслуживания освещаются дополнительно, соответственно характеру проводимых работ.

2. Требования к устройству
реагентного хозяйства

143. Механизмы, предназначенные для разгрузки вагонов и автомашин или для перемещения реагентов в складе, должны иметь технические паспорта. Обслуживание их должно производиться в соответствии с Правилами безопасности при подъемно-транспортных работах

144. Помещения, предназначенные для заготовки растворов, должны быть оборудованы местной вентиляцией, обеспечивающей не менее, чем пятикратный обмен воздуха в час.

146. Площадки у баков или резервуаров для приготовления растворов должны иметь ограждения высотой не менее 1 м с надшивкой внизу высотой не менее 0,2 м. Баки должны иметь прочные деревянные или железобетонные перекрытия.

147. Помещение хлораторной должно быть изолировано от остальных помещений и оштукатурено изнутри.

148. Помещение хлораторной, кроме внутренней двери, должно иметь запасный выход непосредственно из здания

149. Хлораторная должна быть обеспечена побудительной вытяжной вентиляцией с расчетом на трехкратный обмен воздуха в час с вытяжкой, расположенной вблизи пола. Включение вентилятора должно производиться перед входом в хлораторную.

150. Хлораторное помещение должно быть оборудовано отоплением, обеспечивающим температуру не менее 17° С.

¹ Выдержки из Правил.

151. Перед входом в хлораторное помещение должен быть устроен шкаф для хранения противогозов.

152. Баки для приготовления раствора хлорной извести должны быть закрыты плотными деревянными съемными щитами и оборудованы мешалками.

153. Устройство и размещение кладовых и складов для жидкого хлора должно соответствовать Правилам хранения жидкого хлора в потребляющих его производственных предприятиях [84]

154. Кладовые для хранения хлорной извести могут находиться в изолированном помещении при хлораторной только при устройстве внутренней двери между кладовой и хлораторной и запасного выхода из кладовой.

155. Кладовые для хранения хлорной извести должны быть обеспечены естественным освещением. Окна кладовых должны быть со стеклами, окрашенными белой краской, и снабжены ставнями.

156. Склады должны быть построены из огнестойкого и нетеплопроводного материала или же земляного типа. Они должны иметь не менее двух открываемых непосредственно наружу выходов.

157. По обеим сторонам входа в стенах на уровне пола должны быть устроены отверстия диаметром около 0,3 м, защищенные снаружи остекленными контрольными фонарями.

158. Хлоропроводы должны монтироваться только из цельнотянутых толстостенных труб. Соединение труб должно быть резьбовое на муфтах.

159. Хлоропроводы, транспортирующие хлор со склада к месту потребления, могут быть проложены как под землей, так и над землей на столбах. При подземной прокладке места поворотов хлоропроводов, а также компенсаторы обозначаются опознавательными знаками.

160. Длинные хлоропроводы должны иметь температурные компенсаторы. Количество и места их установки определяются по расчету.

161. Арматура подземных хлоропроводов должна быть установлена в специальных колодцах.

II Требования к эксплуатации очистных сооружений

1. Общие положения

166. Все рабочие должны быть обеспечены спецодждой, согласно нормам Министерства коммунального хозяйства РСФСР.

167. Очистные сооружения должны быть обеспечены аптечками с медикаментами и материалами, необходимыми для оказания первой помощи.

168. На работу по ремонту и эксплуатации колодцев самотечных и напорных труб, находящихся на территории очистных сооружений, распространяются Правила безопасности при работе на водопроводной и канализационной сети.

169. Все рабочие проходы между сооружениями должны содержаться в чистоте, а ограждения их над очистными сооружениями должны быть в исправном состоянии.

170. Производство работ по ремонту оборудования, находящегося под водой, допускается лишь после освобождения резервуаров от воды.

171. Рабочие при работах в глубоких резервуарах, должны быть снабжены испытанными предохранительными поясами и веревками, которые должны быть на 2 м длиннее глубины резервуара.

172. Места ремонтных работ должны быть обеспечены переносными электрическими лампами, питающимися от трансформатора с вторичным напряжением не выше 12 в. Переносные лампы мощностью 12 в могут быть заменены подвесной наружной арматурой, присоединенной к осветительной сети, при условии подвески ее на высоте не менее 2,5 м и выполнения проводки в соответствии с действующими электротехническими правилами.

173. Всякие ремонтные работы на станциях должны производиться в спецоджде. Не разрешается в этой спецоджде посещение общественных мест и уборных.

174. Запрещается применение кислот и пахучих веществ для мытья полов и стен очистных сооружений.

2 Требования к эксплуатации реагентного хозяйства

175. Отвешивание хлорной извести и приготовление ее раствора должны производиться в противогасах.

177. Перед тем, как войти в хлораторную, дежурный персонал должен включить вентиляцию и убедиться в отсутствии газа.

179. Для дегазации воздуха при авариях с баллоном или бочкой с хлором, находящихся на складе или в хлораторной, должно быть применено одно из следующих средств:

- а) создание водяной завесы (против проемов склада);
- б) выпуск в помещение, подлежащее дегазации, газообразного сернистого газа или аммиака;
- в) погружение поврежденного сосуда в воду и удаление воздуха через вытяжную вентиляцию.

III. Требования к организации работ на очистных сооружениях

1. Хлорирование воды жидким хлором и хлорной известью

183. При транспортировке и растворении хлорной извести рабочие должны быть в санитарной прозодежде и по окончании работы принимать душ. Рабочие должны быть обеспечены перчатками, предохранительными очками и респираторами.

184. Наблюдение и обслуживание хлораторной установки должны быть поручены квалифицированному работнику, сдавшему гостехминимум.

185. Каждый сменный хлораторщик должен быть обеспечен двумя сменными исправными фильтрующими противогасами соответствующих размеров.

186. Установка аппаратуры и смена баллонов должны быть поручены специально подготовленным лицам.

187. Администрация обязана требовать применения противогасов в хлораторной при следующих работах:

- а) при проверке баллонов;
- б) при отвертывании туго завернутых колпаков на баллонах;
- в) при отвертывании гайки с трубкой от использованных баллонов;
- г) при снятии маховичков с крана;
- д) при включении новых баллонов, наполненных газом;
- е) во всех других случаях, когда можно ожидать пропуска газа.

188. Не разрешается подогрев баллонов открытым огнем.

189. Доставка баллонов в хлораторное помещение на руках не разрешается.

190. Баллоны и бочки с жидким хлором при хранении их на складе должны быть подвергнуты тщательному техническому осмотру для установления неисправности вентилей и оболочек.

191. На складах при входах в них должны быть установлены ведра с раствором тиосульфата натрия и содой, а в надлежащих местах должны иметься запасы чистых марлевых повязок или тряпок.

192. Около складов необходимо иметь несколько врытых в землю бочек с водой или с раствором тиосульфата натрия для погружения баллонов в случае сильной утечки хлора.

193. Около склада, где хранится жидкий хлор, должны находиться гидropульты и антихлор для разбрызгивания его в случае надобности.

194. В помещении склада не должны допускаться иные работы, кроме опробования и укладки баллонов и бочек, а также заливки водой появившейся течи газа.

195. Администрация должна организовать регулярный контроль пригодности противогасов (раз в декаду).

Примечание Мероприятия, предусмотренные в пп. 190—195 должны осуществляться в соответствии с Правилами, утвержденными ГСИ СССР 19 сентября 1953 г. № 150—53

IV. Общие требования техники безопасности при работе на канализационных очистных сооружениях

269. Рабочие, непосредственно соприкасающиеся со сточной водой или осадком, должны подвергаться медицинскому осмотру не реже одного раза в год.

270. К работам, связанным с соприкосновением со сточной водой или осадком, не должны допускаться рабочие, имеющие порезы, царапины или ссадины на руках.

271. Рабочие при взятии проб сточной воды для анализа должны быть обеспечены резиновыми перчатками.

272. Обращение с жидким хлором или хлорной известью должно отвечать соответствующим требованиям, изложенным в настоящих Правилах.

278. Все работающие на канализационных очистных сооружениях должны быть снабжены сан- и спецодеждой по нормам Министерства коммунального хозяйства РСФСР.

279. Все рабочие, обслуживающие канализационные очистные сооружения, должны обеспечиваться горячим душем.

ЛИТЕРАТУРА

1. А лек ин О. А. Основы гидрохимии. Гидрометеиздат, 1953.
2. Сб. «Очистка промышленных сточных вод предприятий цветной металлургии». Ученые записки № 1. Запсибиздат, Новосибирск, 1966.
3. А н и к и н Ю. А. Гигиена и санитария, 1955, № 10, с. 46.
4. Ч е р н о б р о в С. М. Улавливание никеля из сточных и рудничных вод при помощи катионитов. Изд. НТО ЦМ, 1957.
5. Л у р ь е Ю. Ю. и др. Очистка сточных вод свинцово-цинковых обогатительных фабрик. Изд. ВНИИ ВОДГЕО, 1953.
6. М и л о в а н о в Л. В. Очистка сточных вод предприятий цветной металлургии. Изд. ВНИИ ВОДГЕО, 1954.
7. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Канализация населенных мест и промышленных предприятий, под ред. канд. техн. наук Г. М. Федоровского. Госстройиздат, 1963, с. 240—255.
8. П о н о м а р е в В. А., Г а г а р и н А. Д. Очистка сточных вод обогатительных фабрик. Изд. ЦНИИ ЦМ, 1961.
9. М и л о в а н о в Л. В. Сточные воды предприятий цветной металлургии и методы их очистки. Изд. ЦНИИ ЦМ, 1963.
10. Ж у к о в А. И. и др. Канализация промышленных предприятий. Очистка промышленных сточных вод. Госстройиздат, 1962, с. 307—333.
11. М и л о в а н о в Л. В. В сб. «Очистка промышленных сточных вод», № 1. Изд. Московского дома научно-технической пропаганды им. Ф. Э. Дзержинского, 1961, с. 48—75.
12. Указания по проектированию сооружений по очистке промышленных сточных вод, под ред. проф. А. И. Жукова. Изд. ВНИИ ВОДГЕО, 1956, с. 17—31 и 35—43.
13. М и л о в а н о в Л. В., Е в л а н о в а А. В. Расчетные данные к схеме очистки сточных вод молибдено-вольфрамовых обогатительных предприятий. Изд. ВНИИ ВОДГЕО, 1952.
14. Производственные сточные воды, ч. III, под ред. проф. Т. Е. Болдырева. Медгиз, 1952 с. 134—138
15. Ж у к о в А. И. Проектирование сооружений для очистки промышленных сточных вод, под ред. проф. А. И. Жукова. Госстройиздат, 1949, с. 129—142.
16. Проект инструкции по эксплуатации сооружений для очистки сточных вод обогатительных фабрик. Сост. Л. В. Милованов. Изд. НТО ЦМ, 1957.
17. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. № 372—61 от 15 июля 1961 г. Изд. Минздрав СССР, 1961.
18. М и л о в а н о в Л. В. В сб. «Горнодобывающая промышленность Казахстана» Изд. ЦИНТИ, Алма-Ата, 1959, № 2 (13), с. 65.

19. Надеснко В. Г. Гигиена и санитария, 1966, № 8, с. 10.
20. Асмангулян Т. А. Гигиена и санитария, 1965, № 4, с. 6.
21. Арзамасцев Е. В. Гигиена и санитария, 1964, № 12, с. 16.
22. Шафиров Ю. Б. Гигиена и санитария, 1965, № 11, с. 8.
23. Лошаков Ю. Т. Гигиена и санитария, 1960, № 11, с. 12.
24. Габрилевская Л. Н., Ласкина В. П. В сб. «Санитарная охрана водоемов от загрязнения промышленными сточными водами», вып. 5. Медгиз, 1962, с. 187.
25. Чжен-Най-Тун. Гигиена и санитария, 1962, № 5, с. 9.
26. Черкинский С. Н. и др. Гигиена и санитария, 1961, № 8, с. 17.
27. Кушлина М. Н. Гигиена и санитария, 1964, № 11, с. 18.
28. Гутман А. И., Олейников С. А. Оборотное водоснабжение обогащительных фабрик цветной металлургии. Цветметинформация, 1967.
29. Лурье Ю. Ю., Панова В. А. Поведение цианистых соединений в водоеме. Изд. ВНИИ ВОДГЕО, 1956.
30. Лурье Ю. Ю. В сб. «Гидрохимические материалы», т. XXXVII. Гидрометеониздат, 1964, с. 133.
31. Лурье Ю. Ю. и др. Результаты исследований поведения ксантогенатов и дитиофосфатов в водоемах (в лабораторных условиях и в хвостохранилищах). Изд. ВНИИ ВОДГЕО, 1960.
32. Милованов Л. В. и др. Цветные металлы, 1959, № 11, с. 14.
33. Лурье Ю. Ю., Рыбникова А. И. Химический анализ производственных сточных вод, изд. 3-е. Изд-во «Химия», 1966.
34. Вейцер Ю. И. В сб. «Технология обработки питьевых вод», № 2. Изд. Московского дома научно-технической пропаганды им. Ф. Э. Дзержинского, 1961, с. 1.
35. Кандзас П. Ф. и др. Цветные металлы, 1964, № 8, с. 16.
36. Указания по проектированию наружной канализации промышленных предприятий, ч. I (СН—173—61). Госстройиздат, 1961, с. 12—17.
37. Милованов Л. В. Методическое пособие по курсу очистки сточных вод в промышленности. Изд. Московского ордена Ленина химико-технологического института им. Д. И. Менделеева, 1964.
38. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. Изд-во «Химия», 1965.
39. Милованов Л. В., Краснов Б. П. Методы химической очистки сточных вод горнорудных предприятий цветной металлургии. Изд-во «Недра», 1967.
40. Кукушкин А. М., Белевцева В. С. В сб. «Очистка сточных вод», № 3 (ВНИИ ВОДГЕО). Госстройиздат, 1962, с. 64.
41. Кукушкин А. М. Способ уплотнения осадка. Авт. свид. № 136679. Бюл. изобретений, 1961, № 5, с. 79.
42. Смирнов Д. Н., Дмитриев А. С. Автоматический регулятор дозы извести по величине рН обработанной воды. Изд. ВНИИ ВОДГЕО, 1960.
43. Некрасов Б. В. Курс общей химии. Госхимиздат, 1939.
44. Антипова П. С. и др. Цветные металлы, 1961, № 1, с. 66.
45. Белевцев А. Н. и др. Очистка сточных вод. Техническая информация. Серия «Использование и охрана водных ресурсов для промышленного и коммунального водоснабжения». Госземводхоз РСФСР, 1964, с. 9.
46. Краснов Б. П. и др. Цветные металлы, 1959, № 3, с. 8.
47. Краснов Б. П., Бидюкова Н. В. В сб. «Научные сообщения». Изд. ВНИИ ВОДГЕО, 1960, апрель, с. 27.

48. Кастальский А. А. и др. Вестник технической и экономической информации, 1961, № 6—7, с. 57.
49. Черкинский С. Н., Голубева М. Т. В сб. «Производственные сточные воды», вып. II. Медгиз, 1950, с. 47.
50. Комарь Н. П. Основы качественного химического анализа I. Ионные равновесия. Изд-во Харьковского университета, 1955.
51. Лурье Ю. Ю. и др. Труды Института ВОДГЕО. Госстройиздат, 1958, с. 138.
52. Кандзас П. Ф., Мокина А. А. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. Экспресс информация. Серия 4, вып. 1, 1967, с. 3.
53. Кандзас П. Ф., Мокина А. А. Труды Института ВОДГЕО, вып. 20. Изд. ВНИИ ВОДГЕО, 1968, с. 40.
54. Лурье Ю. Ю., Панова В. А. Водоснабжение и санитарная техника, 1967, № 3, с. 10.
55. Лурье Ю. Ю., Панова В. А. Цветные металлы, 1960, № 8, с. 14.
56. Лурье Ю. Ю., Панова В. А. Гигиена и санитария, 1960, № 8, с. 44.
57. Фридман И. Д. В сб. «Теория и практика ионного обмена», 1963, с. 140.
58. Goldblatt E., Industr. and Eng. Chemistry 1959, Part 1, v. 51, № 53, p. 241.
59. Лурье Ю. Ю., Генкин В. Е. ЖПХ, т. XXXIII, 1960, № 2, с. 384.
60. Генкин В. Е. Вестник технической и экономической информации, 1961, № 6—7, с. 51.
61. Лурье Ю. Ю. Расчетные и справочные таблицы для химиков. Госхимиздат, 1947.
62. Рыбникова А. И., Николаева З. В. Очистка воды от фтора. Изд. ВНИИ ВОДГЕО, 1952.
63. Лурье Ю. Ю. и др. Цветные металлы, 1961, № 2, с. 43.
64. Доливо-Добровольский В. В. Доклады высшей школы. Металлургиздат, 1958, № 3, с. 104.
65. Монгайт И. Л., Родзиллер И. Д. Методы очистки сточных вод. Госонтехиздат, 1958.
66. Антипова П. С. и др. Вестник технической и экономической информации, 1958, № 6 (11), с. 44.
67. Антипова П. С., Щербачков В. А. Вестник технической и экономической информации, 1958, № 4 (9), с. 13.
68. Антипова П. С., Щербачков В. А. Вестник технической и экономической информации, 1959, № 5 (17), с. 64.
69. Burttschell R. H. a. o, American water works association, 1959, v. 51, p. 2.
70. Лурье Ю. Ю. и др. Труды Института ВОДГЕО, вып. 1. Изд. ВНИИ ВОДГЕО, 1962, с. 33.
71. Sorer F. G., Smith G. F. J. Chem, Soc, 1962, 1582
72. Лурье Ю. Ю., Краснов В. П. В сб. «Очистка промышленных сточных вод». Госстройиздат, 1962, с. 212.
73. Лурье Ю. Ю., Краснов В. П. ЖПХ, т. XXVII, вып. 4, 1964, с. 864.
74. Тумаш Г. П., Малего Г. В. В сб. «Передовой научно-технический и производственный опыт», № 23—63—697/2, ГОСИНТИ, 1963, с. 27.
75. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водоемов санитарно-бытового водопользования. Изд. Минздрав СССР, 1967, № 662—67.
76. Типовая инструкция по отбору проб и производству анализов промышленных сточных вод предприятий цветной металлургии. Изд. ЦНИИ ЦМ, 1968.

77. Миткалев и др. Инструкция по обследованию действующих систем производственной канализации предприятий нефтяной промышленности. Гостоптехиздат, 1953.
78. Драчев и др. Методы химического и бактериологического анализа воды. Медгиз, 1953.
79. Евланова А. В., Штукоевская Л. А. Технический и санитарный анализ воды в условиях экспедиций. Стройиздат, 1952.
80. Егоров А. И. и др. Усреднители промышленных сточных вод (рекомендации по проектированию и эксплуатации). Изд. ВНИИ ВОДГЕО, 1968.
81. Типовой проект 4-18-828. Очистка сточных вод предприятий цветной металлургии. Комплекс очистных сооружений производительностью 20000 м³ в сутки. Изд. ЦИТП, 1966.
82. Ясюкевич С. М. Обогащение руд. Изд. ГОНТИ, 1953.
83. Справочник «Материалы и оборудование, применяемые в угольной промышленности», т. 1, 1955.
84. Правила безопасности при эксплуатации водопроводно-канализационных сооружений. Изд. МКХ РСФСР, 1957, с. 52 — 61.

Милованов Лев Владимирович

**ОЧИСТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД
ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

Редактор издательства А. Г. Голяткина
Технический редактор В. В. Баталова
Переплет художника В. З. Казакевича

Сдано в производство 30/IX 1970 г.
Подписано в печать 13/IV 1971 г.
Бумага типографская № 2, $60 \times 90^{1/16} = 12,0$ бум. л.
24,0 печ. л. Уч. изд. л. 25,35. Заказ 850. Изд. № 5591
Т-06907 Тираж 4500 экз. Цена 1 р. 48 к.

Издательство «Металлургия»
Москва, Г-34, 2 й Обыденский пер., 14

Ленинградская типография № 6
Главполиграфпрома Комитета по печати
при Совете Министров СССР
Ленинград, С-144, ул. Моисеенко, 10

