

Ж.В.МИРОНОВА, канд. техн. наук, доцент, *mirgenni@yandex.ru*

Л.Н.КУЗИНА, канд. экон. наук, доцент, *debi@mail.ru*

С.Ф.БОГДАНОВСКАЯ, доцент, *bogsf@mail.ru*

К.А.ШУЛЬГИНА, доцент, *sibirak@land.ru*

Институт управления бизнес-процессами и экономики Сибирского федерального университета, Красноярск

Zh.V.MIRONOVA, PhD in eng. sc., associate professor, *mirgenni@vandex.ru*

L.N.KUZINA, PhD in ec., associate professor, *debi@mail.ru*

S.F.BOGDANOVSKAYA, assistant professor, *bogsf@mail.ru*

K.A.SHULGINA, assistant professor, *sibirak@land.ru*

Institute of management of business processes and economy of the Siberian Federal University, Krasnoyarsk

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ ЗОЛОТОИЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Технология основана на использовании феномена мощного концентрирования цветных металлов, содержащихся в производственных сточных водах на биоорганических веществах, содержащихся в хозяйственно-бытовых сточных водах, и строительстве гидроотвала при создании хвостохранилищ золотоизвлекательных фабрик.

Ключевые слова: экология, сточные воды, сбросы, очистка, гидроотвал, золотоизвлекательные предприятия.

ENVIRONMENTAL ASPECT OF COST REDUCTION FOR GOLD PROCESSING ENTERPRISES OF KRASNOYARSK TERRITORY

Technology is based on the phenomenon of concentration of powerful non-ferrous metals contained in industrial wastewater by bio-substances in industrial and domestic wastewater and construction of buildings to create hydraulic dump tailings gold processing plants.

Key words: ecology, wastewater, discharges, cleaning, hydraulic dump, gold-extraction enterprise.

Вовлечение в переработку руд с низким содержанием полезного ископаемого, увеличение затрат на производство вынуждает предприятия для повышения эффективности своей деятельности изыскивать не только «традиционные» резервы, связанные с технологией и организацией производства, но и оценивать все аспекты своей деятельности, в частности экологические

последствия, увеличение затрат на производство продукции и снижение эффективности работы предприятия в целом.

Одной из важнейших экологических проблем является загрязнение водного бассейна сточными водами. Основными источниками загрязнения, приводящими к ухудшению качества воды и нарушению нормальных условий жизнедеятельности гидробионтов,

Таблица 1

Показатели качества поверхностных вод и сбрасываемых в них сточных вод

Показатели качества воды	ПДК		Класс опасности	Створы отбора проб					
	рыбохозяйственные	санитарно-бытовые		0,5 км выше сброса	Сточные воды	0,5 км ниже сброса	Сточные воды ЗИФ в XX	Дренажные воды XX	Оборотная вода ЗИФ
Расстояние от устья, км	–	–	–	4,5	4	3,5	1,5	1,2	4,5
Водородный показатель рН	6,5-8,5	6,5-8,5	–	6,5	6,7	6,6	6,9	6,8	6,85
Взвешенные вещества, мг/дм ³	9,75	0,75	–	12	15,5	13,5	13,5	13	12,5
Сухой остаток при $t = 105$ °С, мг/дм ³	–	400	–	146,5	118	138,5	198	165	175
Химическое потребление кислорода (ХПК), мг/дм ³	–	80	–	21,8	25,4	29	35,3	32	30
Биологическое потребление кислорода (БПК), мг/дм ³	4	3	–	1,2	2,8	1,35	2,14	1,98	2,15
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,3	4	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,16	< 0,05	0,15
Фенолы, мг/дм ³	0,001	0,001	–	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Хлориды, мг/дм ³	–	350	4	32,2	23	32,8	19,8	18,8	20,2
Сульфаты, мг/дм ³	100	500	4	114,5	31,5	110	188	165,3	198,3
Цианиды, мг/дм ³	0,05	0,035	–	–	–	–	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Нитриты, мг/дм ³	0,08	3	2	0,068	0,12	0,048	0,17	0,048	0,17
Нитраты, мг/дм ³	9	15	3	1,62	6,18	3,27	1,99	1,78	1,88
Ионы аммония, мг/дм ³	0,5	1	3	0,63	1,54	0,84	–	–	–
Азот аммонийный, мг/дм ³	–	1,5	4	–	–	–	1,75	1,1	1,75
Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,3	3	0,96	0,4	0,72	0,3	0,37	0,22
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), мг/дм ³	0,2	0,015	–	< 0,015	0,3	0,14	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Роданиды, мг/дм ³	–	0,1	2	–	–	–	0,35	< 0,1	0,34
Марганец, мг/дм ³	–	0,1	3	–	–	–	0,79	0,8	0,82
Свинец, мг/дм ³	0,006	0,03	2	–	–	–	0,019	0,01	0,018
Медь, мг/дм ³	0,001	0,3	3	0,006	0,0016	0,007	0,041	0,018	0,037
Цинк, мг/дм ³	0,01	1,5	3	0,036	0,014	0,033	0,036	0,011	0,021
Никель, мг/дм ³	0,01	0,1	3	–	–	–	0,023	0,012	0,016
Фосфаты, мг/дм ³	0,2	3,5	3	0,13	0,52	0,27	0,15	0,12	0,085
Мышьяк, мг/дм ³	0,05	0,05	2	–	–	–	< 0,05	< 0,05	< 0,05

являются сбросы недостаточно очищенных промышленных и коммунальных сточных вод предприятий.

Непосредственного сброса производственных сточных вод на золотоизвлекательных предприятиях Красноярского края не производится. Они поступают, как правило, в хвостохранилище золотоизвлекательной фабрики (ЗИФ). Однако воды хвостохранилища содержат в себе большое количество вредных, опасных веществ. По данным количественных химических анализов (КХА), в настоящее время значительно превышены показатели ПДК по нефтепродуктам, сульфатам, нитритам, азоту аммонийному, железу. В избыточном количестве присутствуют соли тяжелых металлов, среди которых медь, цинк, свинец, никель. ПДК превышены также по мышьяку, марганцу, роданидам. В воде присутствуют цианиды, которые, как и многие другие вещества, находящиеся в сточной воде, ядовиты и опасны для человека и окружающей среды, о чем свидетельствуют данные КХА пробы воды, отобранной на выходе из очистных сооружений, проведенных Пробирно-аналитической лабораторией одного из золотоизвлекательных предприятий Красноярского края (табл. 1).

Так как минеральные ресурсы расположены в труднодоступных районах, для их добычи и переработки создаются рабочие поселки. Такие поселки – наиболее простое инфраструктурное решение при создании небольших перерабатывающих предприятий непосредственно на месте добычи полезных ископаемых для снижения транспортных затрат. Инфраструктура подобных населенных пунктов зачастую абсолютно неразвита, отсутствуют в том числе и очистные сооружения, происходит постоянный сброс хозяйственно-бытовых сточных вод в близлежащие водоемы, что наносит огромный ущерб природе.

Строительство и содержание очистных сооружений таких поселков – капиталоемкое и затратное мероприятие. Поэтому вместо строительства очистных сооружений, обычно устанавливается примитивное оборудование (песколовки, отстойники) и фильтры,

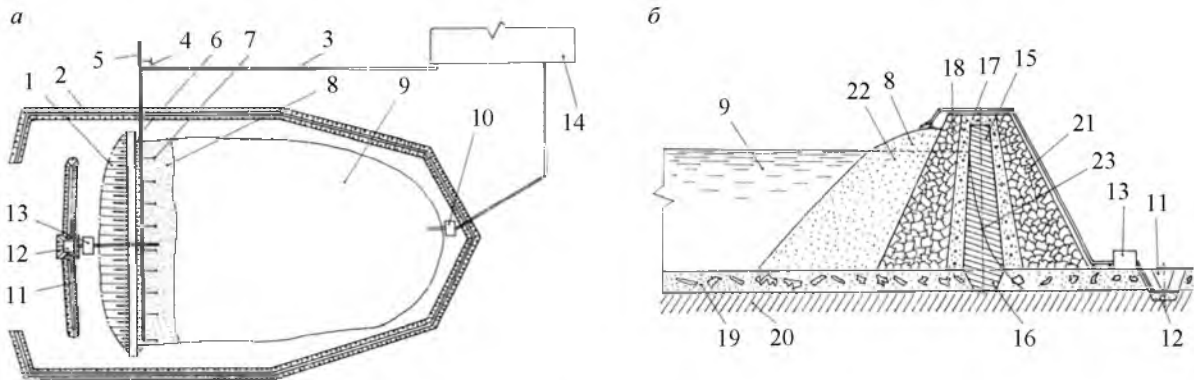
а также осуществляется обеззараживание хлором. Химический анализ сбрасываемых в водоемы сточных вод после такой очистки показывает превышение нормативов ПДК по множеству показателей (ХПК, БПК, хлориды, сульфаты, нитрит-ионы, ионы аммония, фосфаты и т.д.). Примером могут служить общие показатели качества поверхностных вод бассейна и сбрасываемых в них сточных вод (табл. 1). Аналогичная ситуация, а в ряде случаев и гораздо худшая, имеет место практически на всех золотоизвлекательных предприятиях. В результате многие водоемы из-за загрязнения утрачивают свое значение как источника рыбохозяйственного и санитарно-бытового водопользования, а часто становятся непригодными и для технического водоснабжения.

Оборотная вода, поступающая на ЗИФ, близка по составу (по данным КХА) к составу воды хвостохранилища, и в ней по-прежнему присутствует цианид, хоть и в малом количестве. Поэтому при использовании этой воды в процессах обогащения (на стадии измельчения) развивается процесс растворения золота, приводящий к потерям металла.

Из изложенного следует, что важным резервом снижения затрат золотоизвлекающих предприятий является взаимодействие производственно-хозяйственной деятельности предприятия и окружающей среды. Оно определяет затраты на очистку сточных вод предприятий и рабочих поселков, на приобретение свежей воды. Вредное воздействие предприятия на окружающую среду приводит к существенным экологическим платежам и к потерям ценного компонента. Это в целом снижает эффективность работы предприятия.

Выбор оптимальных технологических схем очистки сточных вод – достаточно сложная задача, что обусловлено многообразием находящихся в сточной воде примесей и высокими требованиями, предъявляемыми к качеству очистки воды.

Для получения из сточных вод технической воды или обеспечения условий сброса очищенных сточных вод большое значение имеет технико-экономическая оценка спо-



Гидроотвал: а – план; б – разрез

собою подготовки воды. Применяемые схемы очистки должны обеспечивать максимальное использование очищенных вод в основных технологических процессах и минимальный их сброс в открытые водоемы. При широком внедрении оборотных систем появляются дополнительные резервы по сокращению расхода свежей воды и уменьшению сброса в открытые водоемы. Степень очистки сточных вод при сбросе их в водоемы определяется нормативами качества воды водоема в расчетном створе и существенно зависит от фоновых загрязнений. Для снижения концентраций вредных примесей, присутствующих в сточных водах, до требуемых величин необходима достаточно глубокая очистка. Поэтому важен надежный контроль степени очистки сточных вод, так как с ужесточением требований к качеству очищенных вод значение ПДК большинства вредных веществ снижается и, следовательно, растут трудности их определения. Кроме того, контроль усложняется при определении концентраций вредных веществ в сильно разбавленных сточных водах.

Для снижения вредных воздействий производственных сточных вод золотоизвлекательных фабрик и хозяйственно-бытовых сточных вод рабочих поселков на окружающую среду и повышения эффективности водоподготовки и водоснабжения обогатительных фабрик, предлагается хозяйственно-бытовые сточные воды поселка вместе с производственными водами ЗИФ направлять в хвостохранилище, в котором предусматривается строительство гидроотвала. Гидроот-

вал позволит обеззараживать дренажные воды из отстойника (см. рисунок).

Промышленные твердые отходы золотоизвлекательной фабрики 14 в виде пульпы хвостов обогащения по системе гидротранспорта 3 подаются в хвостохранилище – гидроотвал, включающий в себя ограждающее сооружение 1, распределительный пульповод 6 с группами выпусков 7, пляжную зону намыва 8, прудковую зону с отстойным прудком 9. Насосом 10 очищенная вода подается на фабрику. В систему гидротранспорта отходов золотоизвлекательной фабрики через присоединение 4 с задвижкой по трубопроводу 5 подаются бытовые неочищенные сточные воды, которые обезвреживаются входящими в состав производственных отходов цианидами, силикатами, известняками, калишпатами. Это становится возможным в результате совместного транспортирования по распределительному пульповоду 6 и группам выпусков 7, а также совместного перемешанного размещения в пляжной зоне намыва 8 промышленных твердых отходов с осадком хозяйственно-бытовых неочищенных сточных вод 22 рабочих поселков. От паводковых вод хвостохранилище отделено нагорными канавами 2.

Ограждающее сооружение 1 включает в середине противотрафилирующую зону в виде глиняного экрана 15 и глиняного зуба 16, выполненного в наносах 19 и установленном на скальный плотик 20. Вокруг глиняного экрана 15 отсыпан песчано-гравийный защитный слой 17, исключающий вытекание глиняного материала и разупрочнение экра-

на, который создаст постоянную неизменяющуюся депрессионную кривую 23.

Верхняя гравитационная зона кускового материала дамбы 18 представлена силикатами, известняком и калишпатами, нижняя гравитационная зона кускового материала дамбы 21 выполняется симметрично для удержания глиняного экрана 15. Верхняя гравитационная зона кускового материала 18 несет гравитационную функцию и дополнительно обеспечивает утилизацию телом ограждающего устройства 1 дренируемых вод из отстойного прудка 9. Дренируемые воды перехватываются дренажными канавами за ограждающим сооружением 11, выполненные в наносах 19 с основанием, установленным на скальный плотик 20.

Дренируемые воды аккумулируются в зумпфе 12, выполненном в скальном плотике, из которого они возвращаются в отстойный прудок 9 насосной перекачивающей станции 13. Отстойный прудок включает совместное хранение промышленных оборотных вод с

хозяйственно-бытовыми неочищенными сточными водами. Последние обезвреживаются цианидами и растворимыми солями минералов: силикатов, известняков, калишпатов в процессе их длительного хранения.

Предлагаемый вариант очистки позволяет исключить строительство сооружений биологической очистки бытовых сточных вод, а также забор чистой воды из реки в отстойный прудок для компенсации промышленных потерь воды и ее испарения из отстойного прудка и пляжной зоны намыва.

Технология основана на использовании феномена мощного концентрирования цветных металлов, содержащихся в производственных сточных водах, на биоорганических веществах, содержащихся в бытовых сточных водах. В результате взаимодействия хозяйственно-бытовых сточных вод и производственных вод ЗИФ, происходит очистка хозяйственно-бытовых вод от патогенной микрофлоры, а в производственных водах значительно снижается содержание

Таблица 2

Экологические платежи

Вещество	Содержание, мг/дм ³	НДС	Масса загрязняющего вещества в рамках НДС, т/год	Масса загрязняющего вещества свыше установленных НДС, т/год	Норматив платы за сброс 1 т загрязняющих веществ в рамках установленных нормативов НДС, руб.	Экологический платеж, руб.
Нитрит-ионы	0,12	0,08	0,0603	0,0302	13 775,0	13 124,19
Нитрат-ионы	6,18	13,47	4,6597	0	31,0	169,01
Ионы аммония	1,54	0,5	0,3770	0,7842	689,0	16 107,28
Фосфат-ионы	0,52	0,2	0,1508	0,2413	1 378,0	9 968,28
Сульфаты	31,5	26,7	20,1318	3,6192	2,5	323,54
Хлориды	23	30,9	17,3420	0	0,9	18,26
ХПК	25,4	15	11,3100	7,8416	0,15	36,39
БПК ₅	2,8	2	1,5080	0,6032	91,0	1 766,12
Анионоактивные ПАВ	0,3	0,29	0,2187	0,0075	551,6	262,77
Фенолы	<0,001	0,001	0,0008	0	275 481,0	243,02
Взвешенные вещества	15,5	5,3	3,9962	7,6908	366,0	84 045,11
Железо, валовое содержание	0,4	0,1	0,0754	0,2262	55 096,0	369 394,88
Цинк	0,014	0,01	0,0075	0,0030	27 548,0	2 673,25
Медь	0,0016	0,001	0,0008	0,0005	275 481,0	3 888,38
Нефтепродукты	<0,05	0,05	0,0377	0	5 510,0	243,04
Сухой остаток	118	170,5	88,9720	0	0,2	20,82
Всего			148,8486	21,0476		502 284,36

Показатели водопотребления ЗИФ до и после внедрения технологии

Показатель	До внедрения	После внедрения
Потребность в воде, млн м ³	5,377	5,377
Поступление технической воды, млн м ³	2,853	3,0211
Забор чистой воды, млн м ³	2,524	2,3559
Стоимость 1 м ³ чистой воды, руб.	37,5	37,5
Затраты предприятия, руб.	94 650 000	88 346 250

Таблица 4

Предотвращенный ущерб

Вещество	Содержание, мг/дм ³	Масса сброса, т/год	ПДК, мг/дм ³	Коэффициент экологической ситуации	Приведенная масса, т	Удельный ущерб, руб.
Нитрит-ионы	0,12	0,09	0,08	12,5	1,131	7 786,39
Нитрат-ионы	6,18	4,66	40	0,025	0,116	802,00
Ионы аммония	1,54	1,161	0,5	2	2,322	15 988,04
Фосфат-ионы	0,52	0,392	0,15	6,667	2,614	17 995,20
Сульфаты	31,5	23,75	100	0,01	0,238	1 635,14
Хлориды	23	17,34	300	0,003	0,058	397,97
ХПК	25,4	19,15	80	0,013	0,239	1 648,12
БПК ₅	2,8	2,11	3	0,333	0,704	4 844,86
Анионоактивные ПАВ	0,3	0,2262	0,015	66,67	15,080	103 818,47
Фенолы	< 0,001	0,0008	0,007	142,86	0,114	786,80
Взвешенные вещества	15,5	11,69	20	0,050	0,584	4 022,97
Железо, валовое содержание	0,4	0,3016	0,1	10	3,016	20 763,69
Цинк	0,014	0,0106	0,01	100	1,056	7 267,29
Медь	0,0016	0,0012	0,001	1000	1,206	8 305,48
Нефтепродукты	< 0,05	0,0377	0,05	20	0,754	5 190,92
Всего		80,92			29,233	201 253,35

ядовитых веществ, в том числе цианидов. Снижение содержания цианидов в воде хвостохранилища, которая направляется на ЗИФ в качестве технической, способствует снижению потерь золота при обогащении, так как прекращается процесс растворения золота в цианидах на первичных этапах обработки руды.

Предлагаемая технология была опробована на одном из рудников Красноярского края, где при утилизации хозяйственно-бытовых сточных вод в хвостохранилище ЗИФ, в дренажной воде наблюдалось полное отсутствие СПАВ, азота нитритов, азота аммонийных солей. Взвешенные вещества и нефтепродукты находились в пределах норм ПДК. Проведенные химические, санитарные и бактериологи-

ческие анализы сточной воды показали отсутствие кишечной палочки и других нарушений норм ПДК.

Целесообразность внедрения технологии очистки сточных вод для золотоизвлекающих предприятий подтверждается ее экономической эффективностью. На одном из предприятий Красноярского края, перерабатывающем золотосодержащую руду, был получен экономический эффект 13,5 млн руб. при общей величине инвестиций в ценах 2012 г. 9,2 млн руб. Составляющие экономического эффекта следующие:

1) отсутствие экологических платежей в сумме 502284 руб. (табл.2) в связи с прекращением сброса сточных вод;

2) снижение затрат на очистку сточных вод в сумме 6498000 руб. за счет сокраще-

ния затрат на ремонт оборудования, приобретение реагентов и расходов на оплату труда обслуживающего персонала;

3) снижение платы за использование чистой воды на 6303750 руб. (табл.3);

4) предотвращенный ущерб 201253 руб. (табл.4).

Полученные результаты говорят об экономической целесообразности совместной

утилизации промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, поскольку позволяют снизить затраты производственно-хозяйственной деятельности золотоизвлекательных предприятий. Кроме того, это позволит уменьшить финансовую нагрузку на местные бюджеты в части финансирования затрат на очистку хозяйственно-бытовых сточных вод и восстановление местной фауны.