А.Н. Мирошниченко, И.В. Елизарова

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ЗОЛОТОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИАМУРЬЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

In article results sanitary-and-hygienic researches of influence of sewage of mountain gold mining enterprises Priamurja on health of the population and environment are resulted.

Открытые разработки полезных ископаемых являются одним из мощных факторов антропогенного воздействия на окружающую среду. При этом происходит загрязнение атмосферного воздуха, почвы и воды. Для оценки опасности воздействия таких разработок используются расчетные и геохимические методы. Степень токсичности антропогенного воздействия определяется методом биологического тестирования для водной среды, почвы, донных отложений, отходов производства и потребления.

В соответствии с санитарно-гигиеническими нормативами при всех технологических операциях, требующих применения воды, а также санитарно-бытовом обслуживании работников должна использоваться вода питьевого качества [1, 6]. Для технологических процессов, связанных с получением золота, при отсутствии или недостатке воды питьевого качества по согласованию с контролирующими организациями можно использовать воду других источников, но если в ней нет вредных и трудноустранимых примесей, если она предварительно очищена, обезврежена и обеззаражена.

Наивысшую степень техногенной опасности при эксплуатации золоторудных предприятий представляют донные отложения местных водотоков, загрязненные карьерными и дождевыми водами с промышленных площадок, стоками золотоизвлекающих фабрик (ЗИФ), продуктами разрушения (деструкции) хвостохранилищ и отвалов, содержащих отходы производства и потребления. По химическому составу загрязнителями донных отложений являются микроэлементы меди, цинка, свинца, кадмия, соли синильной кислоты (цианиды), создающие участки среднего, сильного и очень сильного комплексного загрязнения обследуемых объектов окружающей среды.

Наиболее доступны для хозяйственных целей воды поверхностных источников, но этих вод на золоторудных предприятиях недостаточно для ведения хозяйственно-производственной деятельности [7]. Поэтому приходится использовать подземные воды, химический состав которых зависит от гидрогеологических условий. Основным источником водоснабжения Березитового рудника являются подземные воды, постоянно подпитывающиеся атмосферными осадками.

По данным гидрохимических исследований, подземные воды Березитового месторождения по химическому составу относятся к гидрокарбонатным, сульфатно-гидрокарбонатным (гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые). Эти воды с минерализацией 0,12-0,16 г/л, нейтральной реакцией среды (pH=6,5-7,42), общей жесткостью 1,48 – 1,81 мг-экв/л относятся к пресным, а радиологические показатели качества отвечают требованиям, установленным для питьевых вод [3].

Известно, что избыток или недостаток отдельных микроэлементов (йод, фтор, селен и др.) в воде могут причинить вред здоровью человека. Состояние природной среды, а также экологическую уязвимость вновь осваемых территорий Дальневосточного региона в сочетании с

климатогеографическими особенностями необходимо учитывать при разработке медико-профилактических и природоохранных мероприятий [2, 5].

В табл. 1 приведен годовой баланс водопотребления при эксплуатации золоторудного месторождения.

Таблица 1

Годовой баланс водопотребления по объектам Березитового рудника

Наименование	Потребность в воде, $м^3$/сут.	Водопотребление, тыс.$м^3$/год				
		всего	на производственные нужды			на хозяйственно-бытовые нужды
			свежая вода	вода внутреннего водооборота	оборотная	
Промплощадка	30,7	4419,8	19,9	4323,3	65,6	10,9
Вахтовый поселок	68,3	24,9				24,9
Площадка отвала	3,1	1,1				1,1
Очистные сооружения	0,5	0,2	0,2			
Промбаза	0,06	0,02				0,02
Склад взрывчатых материалов	0,08	0,03				0,03
Карьер	0,7	0,1				0,1
Итого	103,4	4446,1	20,1	4323,3	65,6	37,0

Сточные воды золоторудных предприятий Приамурья оказывают влияние на подземные источники водоснабжения за счет нарушения водосборных площадей карьерными выработками, отвалами, производственными сооружениями; нарушения гидрогеологического режима; изъятия водных ресурсов на нужды хозяйственного и бытового водопотребления; загрязнения верхних горизонтов грунтовых вод стоками хвостохранилищ; сброса хозяйственно-фекальных сточных вод; загрязнения фильтрационными стоками из прудов накопителей.

На Березитовом руднике забор подземной воды на хозяйственно-бытовые (71 тыс. $м^3$/год) и производственные нужды (от 158,8 до 247,9 тыс. $м^3$ осуществляется в зависимости от водности года по слою атмосферных осадков). Чтобы избежать истощения подземных водоносных горизонтов, требуется соблюдение правил их эксплуатации [8].

На поверхностные водоемы влияют земляные работы, когда поверхностные водотоки подвергаются значительному загрязнению за счет взвешенных веществ из грунта. Локальное воздействие на русловые и береговые участки открытых водоемов возможно при строительстве мостовых переходов и переездов, при подготовке площадки для разработки карьера, при устройстве хвостохранилища, пруда-накопителя карьерных вод, при прокладке инженерных коммуникаций. Максимально интенсивному воздействию загрязняющих веществ подвергается ручей Березитовый, в истоке которого находится промышленная площадка карьера, а в средней части – пруд-отстойник для сбора карьерных вод.

Русло ручья ниже дамбы пруда-накопителя в результате горнодобывающих работ полностью нарушено. Пойма ручья занята выработками, отвалами пород, дамбами, техногенными прудами. В связи с действующим законодательством ручей не относится к водным объектам рыбохозяйственной категории, и это позволяет проводить производственные работы, изменяя его русло.

Локальные косвенные воздействия на водные объекты хозяйственно-бытовых стоков месторождения полезных ископаемых проявляются при проведении земляных работ на территории водных бассейнов, в особенности при снятии почвенно-растительного слоя грунта, а

также при сбросе карьерных вод, излишков воды от хвостохранилища, поверхностных стоков с территории промышленной площадки и из жилого поселка через ливневую систему канализации.

Все сбрасываемые в поверхностные водоемы промышленно-бытовые и ливневые воды проходят очистку. Так, хозяйственно-бытовые подвергаются полной биологической очистке на станции модульного типа производительностью 120 м^3/сут.; карьерные и поверхностные воды с промплощадок (дождевые) очищаются от взвешенных веществ и нефтепродуктов на локальных очистных сооружениях. В табл. 2 приведен качественно-количественнй состав сточных вод, сбрасываемых в открытые водоемы.

Таблица 2

Перечень и количество загрязняющих веществ в сточных водах

Показатели	Допустимая концентрация загрязняющего вещества на выпуске сточных вод в водный объект, мг/дм^3	Разрешенный сброс загрязняющих веществ в пределах норматива ПДС				
		т/год	в том числе по кварталам, т			
			1	2	3	4
1. Взвешенные вещества	41,7	1,857	0,464	0,464	0,464	0,464
2. Сухой остаток	1000	44,500	11,125	11,125	11,125	11,125
3. БПК полн.	133,0	5,920	1,480	1,480	1,480	1,480
4. Хлогиды	300	13,350	3,338	3,338	3,338	3,338
5. Сульфаты	100	4,452	1,113	1,113	1,113	1,113
6. Аммоний-ион (по азоту)	56,9	2,532	0,633	0,633	0,633	0,633
7. Нитриты	11,0	0,492	0,123	0,123	0,123	0,123
8. Нитраты	40	1,780	0,445	0,445	0,445	0,445
9. Фосфаты	30,1	1,340	0,335	0,335	0,335	0,335
10. Нефтепродукты	5,7	0,252	0,063	0,063	0,063	0,063
11. Фенолы	0,08	0,004	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009
12. Жиры	0,05	0,002	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
13. СПАВ	72,9	3,244	0,811	0,811	0,811	0,811
14. Железо	0,1	0,006	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016

Очистные сооружения полной биологической очистки модульного типа включают блоки механической и полной биологической очистки, ультрафиолетового обеззараживания, обезвоживания песка и минерализации ила.

В блок механической очистки входят механическая решетка и песколовка с тонкослойной сепарацией. Блок биологической очистки состоит из биосорбера-денитрификатора, аэротенка, отстойника, блока доочистки. В технологии очистки используется ил, прикрепленный на специальной пластмассовой загрузке. Чередование восстановительных и окислительных процессов, мелкодисперсная аэрация, тонкослойная сепарация ила обеспечивают стабильное высокое качество очистки сточных вод. Для обеззараживания очищенной воды используются ультрафиолетовые установки.

В табл. 3 приводится характеристика работы очистных сооружений горнорудного предприятия.

Для очистки карьерных вод предусмотрен проточный пруд-отстойник, при этом очистка производится от взвешенных веществ и нефтепродуктов до уровня их ПДК в воде открытых водоемов путем гравитационного осаждения и применением нефтеловушек. По мере заполнения отстойника осветленные карьерные воды, расход которых меняется во времени (максимальный

составляет около 10 тыс. м^3/сут.) через перепускную трубу, проложенную через дамбу, направляются по руслу ручья и обводному каналу в открытый водоем – реку.

Дождевые стоки объемом 3,4 тыс м^3/год с территории промышленной площадки собираются по спланированной поверхности, отводятся открытой водосточной канавой на очистные сооружения дождевых стоков. После очистных сооружений дождевые сточные воды направляются в накопительный резервуар, откуда 2,7 тыс м^3 воды используется для полива территории промплощадки и дорог, а остаток (0,7 м^3/год) выпускается на рельеф местности.

Таблица 3

Характеристика работы очистных сооружений горнорудного предприятия

Очистные сооружения, метод очистки	Источник сточных вод	Пропускная способность очистных сооружений, м^3/сут.	Эффективность очистки			% очистки	Место поступления очищенных сточных вод
			загрязняющий ингредиент	концентрация загрязнений, мг/л			
				до очистки	после очистки		
Пруд-отстойник карьерных вод. Гравитационное осаждение	Вода карьера	10000	Взвешенные вещества,	250	12,5	85	Открытый водоем, река
			нефтепродукты	5	0,05	99	
Канализационные очистные сооружения. Механическая и полная биологическая очистка	Бытовые сточные воды	120	Взвешенные вещества	230	3,0	98,7	Емкость для намораживания
			БПК полн.	265	3,0	98,9	
			Аммоний солевой	28,3	0,4	98,6	
			Фосфаты	11,7	1,0	91,4	
			Нитраты	0	2	-	
			ПАВ	12	0,5	97	
Очистные сооружения дождевых стоков. Отстаивание, фильтрация	Дождевые стоки	50	Взвешенные вещества	1000	2	99	Резервуар очищенных сточных вод
			БПК полн.	30	-	100	
			Нефтепродукты	40	0,016	98	
Очистные сооружения стоков от мойки автомобилей	Стоки от мойки автомобилей	5	Взвешенные вещества	1600	16	98	Резервуар чистого оборотного цикла для дальнейшего использования

В состав очистных сооружений ливневых вод входят: колодец-интерцептер регулирования поступления ливневых стоков; отстойник улавливания нефтепродуктов объемом 150 м^3; флотатор

производительностью 5 $м^3$/час; фильтр ФВ-20, производительностью 5 $м^3$/час; отстойник-декантатор; резервуар сбора; резервуар очищенных стоков, емкость хранения сорбента.

Сточные воды от мойки автомобилей по сборному лотку поступают в накопительный резервуар грязного оборотного цикла, где частично отстаиваются. Для дальнейшей обработки стоки направляются на очистной комплекс. Вода, прошедшая очистку, идет в резервуар чистого оборотного цикла для дальнейшего использования в технологическом процессе. Фильтр в установке заполняется сорбентом, по мере загрязнения фильтр в объеме 0,25 $м^3$ промывается свежей водой и устанавливается для работы, промывные воды сбрасываются в отстойник.

Технология переработки руды на золотоизвлекательных фабриках Приамурья предусматривает максимально возможное использование оборотной воды. Свежая вода применяется только на операциях отмывки насыщенного угля от кислоты и для смыва загрязнений с полов помещений.

Площадка для размещения полусухих хвостов включает спланированное гидроизолированное основание, используемое для укладки отвала полусухих кеков цианирования, огороженное с нагорной части обваловкой. В нижней части площадки располагается прудок-накопитель для сбора выделяющейся из кеков воды и атмосферных осадков. Ложе отвала и прудок-накопитель являются единым сооружением с общей гидроизоляцией чаши полимерным противофильтрационным экраном. Разделение площади, занимаемой отвалом хвостов и прудком-накопителем, выполнено фильтрующей обваловкой, располагаемой на гидроизолированном основании площадки.

Собираемая в прудке-накопителе вода с помощью плавающей насосной станции по трубопроводу подается в систему оборотного водоснабжения ЗИФ. На площадке отвалов полусухих хвостов размещается отделение фильтрации, куда по трубопроводу подается пульпа от главного корпуса ЗИФ. Станция фильтрации располагается на краю площадки отвала, в верхней точке рельефа. Транспортировка хвостов после фильтрации по площади отвала до места разгрузки осуществляется секционными ленточными конвейерами.

Площадки размещения полусухих хвостов вмещают около 8 млн. кубометров, грунта, что при плотности укладки материала в отвал 1,7 т/$м^3$ позволяет разместить на ней 13,5 млн. тонн отработанных горных пород.

На площадку отвала полусухих хвостов, ограниченного водоотводными канавами и бермами, выпадают атмосферные осадки, которые совместно с водой, выделяющейся из кеков, поступают в водоприемный прудок, оборудованный системой водозабора. Водохозяйственный баланс площадки полусухого складирования хвостов рассчитан с учетом атмосферных осадков, выпадающих на ложе, и испарений даже в многоводные годы. Вода с площадки отвала полусухих хвостов используется в системе повторного водооборота ЗИФ.

В случае возможной длительной аварийной остановки ЗИФ и прекращения повторного использования воды из прудка-накопителя на площадке отвала полусухих хвостов предусмотрена установка станции обезвреживания аварийных сливов из прудка-накопителя и фильтрующий прудок-отстойник обезвреженных аварийных сливов.

При этом в сточных водах происходит накопление значительного количества цианидов, тиоцианатов, металло-цианидных комплексов. Цианиды (цианистые соли, или соли синильной кислоты) – собирательное название химических соединений органического и неорганического происхождения. Неорганические цианиды – производные циана, соли цианистоводородной кислоты. Органические цианиды содержат цианогруппу, атом углерода которой ковалентно связан с другим атомом углерода, и носят название нитрилов, производных органических кислот.

Химические свойства цианида натрия обусловливают его промышленное применение. Так, при сплавлении с серой цианиды образуют тиоционат натрия, с галогенами – галогениды, с алкил- и арилгалогенидами – нитрилы соответствующих карбоновых кислот, с солями переходных металлов – цианидные комплексы. В водном растворе цианид натрия постепенно гидролизуется с выпадением синильной кислоты.

Цианид натрия в концентрации 0,02-0,3% применяется для извлечения золота из руд селективным выщелачиванием, это самое эффективное средство получения товарного продукта из золотосодержащих руд. В табл. 4 приведены основные физические свойства цианида натрия.

Продолжительность выщелачивания колеблется от 7 до 30 суток для дробленой руды (крупностью менее 20 мм) и до нескольких месяцев – для более крупной, получаемой в результате взрыва горных пород. При всех достоинствах цианидного выщелачивания его существенный недостаток – очень высокая токсичность цианистых солей. Оценку риска циансодержащих веществ для здоровья населения и экологического состояния территорий проводили в соответствии с рекомендациями [5].

Таблица 4

Физико-химические свойства цианида натрия

Физические свойства	Обозначение	Единица измерения	Значение
Плотность	ρ	г/см^3	1,6
Температура плавления	Т пл	^{0}С	563,7
Температура кипения	t кип	^{0}С	149,7
Теплоемкость	С р^0	Дж/(моль*К)	69,7
Энтальпия образования в стандартном состоянии	ΔН^0 обр.	кДж/моль	89,87
Энтальпия полиморфного перехода	ΔН^0 пер.	кДж/моль	2,93
Энтальпия плавления	ΔН^0 пл.	кДж/моль	15,4
Энтальпия испарения	ΔН^0 исп.	кДж/моль	156
Предельно допустимая концентрация (в пересчете на HCN)			
в воздухе рабочей зоны	ПДК	мг/м^3	0,3
в атмосферном воздухе			0,01
в воде		мг/л	0,1

Цианид смешивают с водой и разбрызгивают поверх размельченной руды для того, чтобы растворить крупинки золота в измельченной горной породе. После отделения золота отходы технологического процесса (так называемые «хвосты») обрабатывают водой для снижения концентрации цианида, однако до конца он никогда не выводится и остается в пустой породе. До сих пор в мире не существует технологии полного обезвреживания цианидов в отходах рудников, которые после выщелачивания отправляют на захоронение в хвостохранилища.

Биологическое действие цианидов проявляется в связывании, блокировании ферментов тканевого дыхания, что нарушает усвоение тканями организма кислорода, переносимого кровью.

Отравления цианидами происходят при вдыхании пыли и случайном проглатывании вещества, через кожные покровы, особенно, если целостность их нарушена мелкими ранками, кожными заболеваниями. В помещениях, в которых ведется работа с цианистым натрием, должны быть оборудованы мощной приточно-вытяжной вентиляцией, а работники обеспечены индивидуальными средствами защиты, что способствует сохранению здоровья [4].

---

1. Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.06. № 74-ФЗ2.

2. Мирошниченко, А.Н. Медико-экологическая оценка воздействия открытой разработки золоторудных месторождений Амурской области на окружающую среду и здоровье населения // Вестник Амурского государственного университета. 2009. – Вып. 47. – С. 68-71.

3. Мирошниченко, А.Н., Ланчакова, М.В. Гигиеническая характеристика питьевого водоснабжения Березитового рудника // Там же. – С. 72-76.

4. Федеральный закон от 30.03.99 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

5. Определение и использование региональных фоновых показателей нарушения здоровья населения для оценки риска и экологического состояния территорий. – Ангарск, 2002.

6. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

7. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения.

8. СП 2.1.5.1059-01. Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения.