

УДК 504.064.550.4

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОРУДНОГО РЕГИОНА  
БАШКИРСКОГО ЗАУРАЛЬЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

© А. Г. Мустафин, З. Ш. Сабитова\*, Т. В. Шарипов

Башкирский государственный университет  
Россия, Республика Башкортостан, 450074 г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32.  
Тел.: +7 (347) 229 96 10.  
E-mail: mag@anrb.ru

*Статья посвящена проблеме снижения техногенного воздействия отработанных месторождений полиметаллических сульфидных руд Башкирского Зауралья. Подотвальные сточные воды отработанных карьеров содержат значительные количества железа, сульфат-ионов, тяжелых металлов и являются серьезными источниками загрязнения окружающей среды, в особенности бассейна рек Таналык и Урал. В настоящей работе представлены возможные пути переработки и очистки горнопромышленных сточных вод, на примере месторождения Куль-Юрт-Тау.*

**Ключевые слова:** окружающая среда, отработанные месторождения, тяжелые металлы, подотвальная вода, гидроизолирующий экран, реагентная очистка, месторождение Куль-Юрт-Тау.

**Введение**

На территории горнорудных районов Республики Башкортостан расположено множество отработанных месторождений полиметаллических руд, запасы которых исчерпаны, а на месте добычи остались карьеры, заполненные грунтовыми водами и терриконы отвалов некондиционной руды. Под воздействием природных факторов, содержащиеся в отходах тяжелые металлы, переходят в растворимые формы, которые попадают в местные водоемы [1]. Практически во всех малых реках бассейна реки Урал содержание ионов тяжелых металлов многократно превышает предельно допустимые значения (ПДК). В отработанных месторождениях, расположенных в поймах рек Таналык, Большой Кизил и Миндяк (Куль-Юрт-Тау, Бакр-Тау, Таш-Тау, Балта-Тау, Бакр-Узяк, Миндяк, Бурибаевское и другие), выявлены значительные объемы металлосодержащих стоков попадающих в реки [2]. Данное загрязнение распространяется за пределы РФ.

Статистика, полученная в ходе мониторинга, показывает динамику ухудшения экологического состояния в бассейне реки Урал [3]. Из-за роста числа горно-техногенных объектов, выведенных из эксплуатации, на фоне увеличения их эрозионного разрушения, увеличивается объем токсичных вод, поступающих в реку Урал. Это приводит к постоянному увеличению содержания ионов тяжелых металлов в воде рек бассейна реки Урал.

**Результаты и обсуждение**

В долине реки Таналык (Республика Башкортостан, Баймакский район), с начала XIX в. разрабатывались месторождения полиметаллических сульфидных руд. С севера на юг по течению реки Таналык бывшие рудники и фабрики расположены в следующем порядке: Куль-Юрт-Тау, Семеновская ЗИФ, Тубакин, Бакр-Тау, Балта-Тау, Таш-Тау, Байкара, Майское, Бурибаевский ГОК, Маканское, Октябрьское. Качество воды реки Таналык почти на всем протяжении не отвечает нормативным требованиям. Анализ воды показал, что содержание ионов железа и марганца превышает значения ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения в среднем в 5–10 раз, меди и цинка в среднем более

чем в 10 раз. Загрязнение реки ионами тяжелых металлов наблюдается уже до сброса сточных вод ныне действующих предприятий, очевидно, это связано с тем, что, кроме влияния сбросов сточных вод действующих предприятий, загрязнение реки происходит за счет фильтрации подотвальных и карьерных вод ныне неработающих месторождений. Подобное наблюдается в верховьях реки Таналык в зоне воздействия отработанного месторождения Куль-Юрт-Тау, которое разрабатывалось в 50–90 гг. прошлого века открытым способом и представляло залежи золотоносных окисленных бурожелезняковых руд и нижележащих пиритов. Как показали исследования, на отработанном месторождении Куль-Юрт-Тау в результате гипергенных процессов разрушения рудного материала твердых отходов и нарушения гидрогеологических условий местности, наблюдается образование неконтролируемых подотвальных стоков в объеме 125 м<sup>3</sup>/сутки, которые попадают в реку Таналык [4].

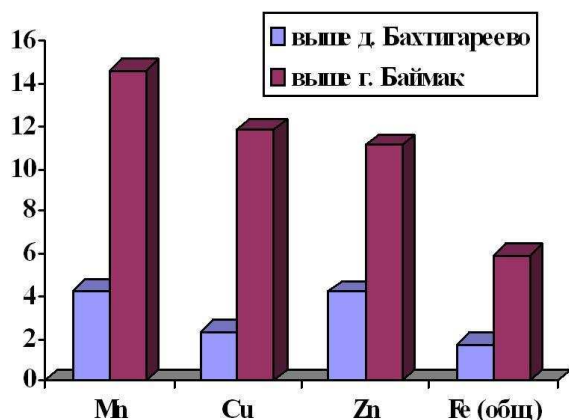
На рис. 1 отображено содержание ионов тяжелых металлов в воде реки Таналык по величине кратности превышения значений ПДК<sub>рх</sub> на двух соседних створах. Створ «выше д. Бахтигареево» расположен выше, а створ «выше г. Баймак» – ниже по течению реки и зоны влияния подотвальных сточных вод месторождения Куль-Юрт-Тау. В результате влияния подотвальных стоков месторождения Куль-Юрт-Тау, в воде реки Таналык происходит увеличение содержания ионов Cu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>. Значение кратности превышения значений ПДК<sub>рх</sub> по содержанию марганца возрастает с 4.2 до 14.6; меди с 2.3 до 11.8; цинка с 4.2 до 11.1; железа с 1.8 до 5.9.

Проба подотвальной воды месторождения Куль-Юрт-Тау представляет собой раствор темно-оранжевого цвета с показателем pH, равным 1.5–2.5. Сухой остаток при выпаривании воды составляет 70 г/дм<sup>3</sup>. Подотвальные воды месторождения Куль-Юрт-Тау характеризуются значительным содержанием ионов железа (до 20 г/дм<sup>3</sup>), сульфат-ионов (до 50 г/дм<sup>3</sup>), достаточно высоким содержанием ионов меди, марганца, цинка, кобальта. Результаты анализа подотвальной воды по содержанию ионов тяжелых металлов представлены в табл.

\* автор, ответственный за переписку

Содержание тяжелых металлов в подотвальной воде месторождения Куль-Юрт-Тау

Металл	$c_i$ , мг/дм <sup>3</sup>	ПДК <sub>рх</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК <sub>рх</sub>
Железо (общ.)	10000	0.1	100000
Медь	26.81	0.001	26810
Марганец	29.49	0.01	2949
Цинк	12.51	0.01	1251
Ванадий	1.22	0.001	1220
Кобальт	12.04	0.01	1204
Никель	1.31	0.01	131
Ртуть	0.00021	0.00001	21
Кадмий	0.06	0.005	12
Хром	0.12	0.07	2

Рис. 1. Кратность превышения ПДК<sub>рх</sub> по содержанию ионов металлов в воде реки Таналык под влиянием подотвальных вод м. Куль-Юрт-Тау

Таким образом, подотвальная вода месторождения Куль-Юрт-Тау характеризуется аномально высоким содержанием железа, представляя собой по существу «жидкую руду». Данные подотвальные стоки являются не только загрязнителем, но и также представляют практический интерес как металлосодержащее сырье.

Одной из сложных задач на подобных объектах является локализация и сбор подотвальных стоков, так как они, как правило, имеют большую площадь и подземный характер течения. Для ограничения и сбора подотвальных сточных вод возможно создание гидроизоляционного барьера путем введения в грунт инъекционным способом по периметру месторождения гелеобразующего раствора на основе силиката натрия. Данный способ называют силикатизацией, это известный метод в строительстве, применяемый при химическом укреплении грунтов и создании водонепроницаемых противодиффузионных завес, а также в нефтяной сфере при создании гидроизоляционных барьеров [5]. При взаимодействии силиката натрия – основного компонента с кислыми агентами – отвердителями, образуется золь кремниевой кислоты, переходящий со временем в вязкоупругий гель, который служит водоизолирующим барьером [6]. Проведенные рео-

логические исследования гидроизолирующего гелеобразующего состава на основе жидкого стекла и самой подотвальной воды (рН = 2) в качестве отвердителя показали, что оптимальным составом является раствор с рН = 10 и оптимальным временем гелеобразования равным 11 ч. При этом вязкость исходного гелеобразующего раствора составляет 2.5 мПа·с, что является оптимальным значением для использования данной композиции. Прочность образующегося геля через сутки составляет примерно 1.5 кПа, что также является оптимальным значением. Использование в качестве второго компонента-отвердителя самой подотвальной воды, удешевляет создание подобного гидроизолирующего экрана. Подотвальная вода месторождения Куль-Юрт-Тау, представляет собой товарный продукт, как компонент – отвердитель при химическом закреплении грунтов и создании противодиффузионных завес в грунте методом силикатизации.

Для устранения загрязнений тяжелых металлов предлагается очистка подотвальных сточных вод реагентным методом и последующая доочистка осветленных стоков на биооплате с высшими водными растениями.

Схема реагентной очистки состоит из двух стадий: на первой стадии очистка производится мелом, на второй стадии гашеной известью. Показатели рН реакционной среды по стадиям подобраны таким образом, чтобы осуществить селективное осаждение ионов железа на первой стадии, а ионов цветных металлов – на второй стадии очистки. Осадок после первой стадии очистки состоит из Fe(OH)<sub>3</sub> и CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O. Данный осадок применим в виде влажной пасты или сухого порошка в качестве наполнителя (пигмента) в производстве лакокрасочных и строительных материалов. По предварительным расчетам, осадка первой стадии в виде железистого пигмента образуется до 5500 т в год (по сухому веществу). Осадок второй стадии представляет собой концентрат цветных металлов и выход его составляет 5 т в год (по сухому веществу). Проведение процесса очистки в две стадии позволяет достичь высокой степени очистки подотвальных вод от основных загрязнителей – ионов

железа, меди, марганца, цинка и сульфат-ионов. Удаление ионов железа происходит на 99.99%, ионов меди на 99.93%, ионов цинка на 99.84%, ионов марганца на 94.07%, сульфат-ионов более чем на 90%. Достигнутые значения степеней реагентной очистки подотвальной воды по ионам тяжелых металлов, сопоставимы с рекомендуемыми данными по содержанию ионов металлов в воде на входе в биоплато. После реагентной очистки осветленные воды самотеком направляются на биоплато для последующей доочистки. Данная технологическая схема реагентной очистки подотвальных вод месторождения Куль-Юрт-Тау является рентабельной, со сроком самоокупаемости около 3 лет.

Для создания биологического очистного пруда, было проведено исследование местной водной и прибрежно-водной флоры реки Таналык. Наиболее перспективными видами растений, обладающими постоянством, обилием и устойчивостью к загрязнению тяжелыми металлами относятся осока дернистая (1), ситняг обыкновенный (2), тростник обыкновенный (3), рогоз узколистный (3), камыш озерный (3), рдест блестящий (4). Накопление металлов в фитомассе этих растений имеет следующий убывающий ряд  $Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Cd$ . При этом подземная фитомасса способна накапли-

вать тяжелых металлов больше чем наземная [7]. Схема расположения растительного сообщества очистного пруда изображена на рис. 2. При суточном объеме подотвальных сточных вод равном  $125 \text{ м}^3$ , и глубине биоплато равном 1 м, рассчитанная площадь создаваемого биоплато составляет около  $1500 \text{ м}^2$ .

Схематический план расположения гидроизолирующего экрана и блоков очистки на месторождении Куль-Юрт-Тау (вид сверху) представлен на рис. 3.

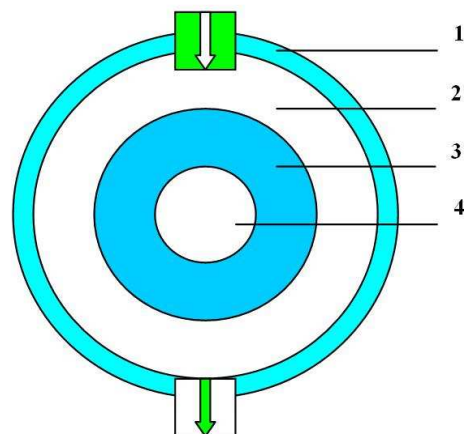


Рис. 2. Схема искусственного растительного сообщества очистного пруда (обозначения в тексте)

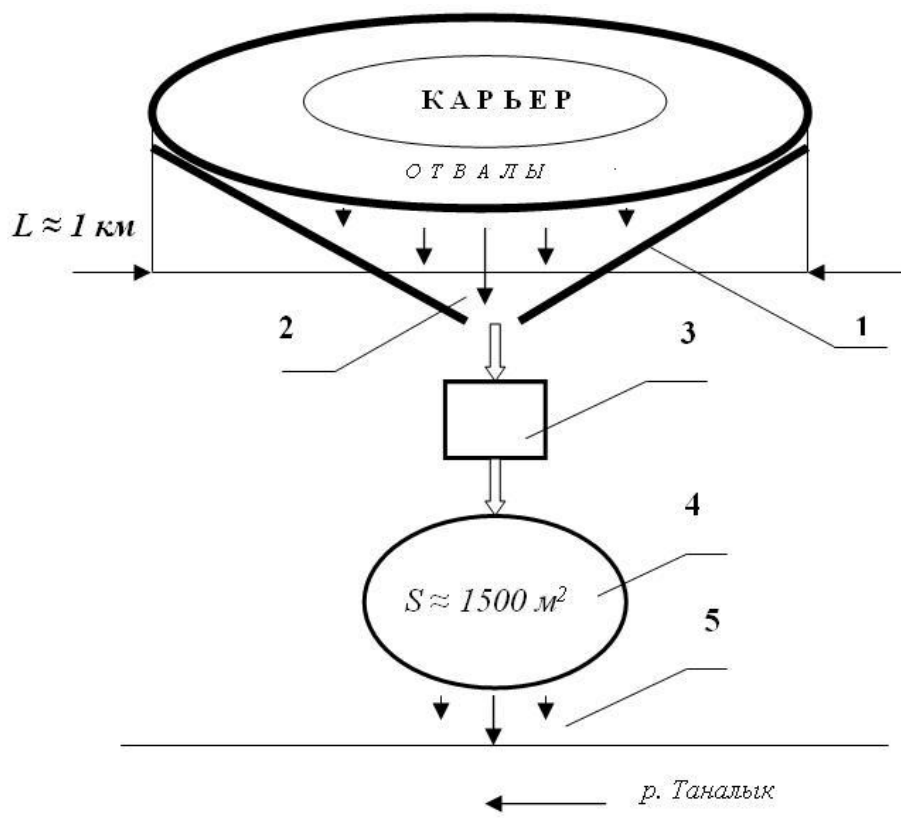


Рис. 3. Схематический план расположения гидроизолирующего экрана и блоков очистки на месторождении Куль-Юрт-Тау (вид сверху): 1 – гидроизоляционный барьер, 2 – подотвальные стоки, 3 – реагентный блок очистки, 4 – биоплато, 5 – очищенные воды.

По периметру месторождения в местах выхода стоков производится создание гидроизоляционного барьера (1), при этом направленный поток стоков (2) собирается в единое русло, по которому загрязненная вода поступает в реагентный блок (3) на очистку. Затем очищенные стоки направляются на биоплато (4) с высшими водными растениями, где происходит их доочистка до уровня ПДК<sub>рх</sub>. Очищенные воды (5) самотеком поступают в реку Таналык.

Впоследствии, при обеднении рудного материала отработанного месторождения, предполагается проведение работ по рекультивации зоны месторождения, в том числе карьерной выемки. При этом разработанный гидроизолирующий состав на основе жидкого стекла и подотвальной воды может служить консервационным составом, позволяющим обработать дно и стенки карьерной выемки, поверхности отвалов, в целях предотвращения фильтрации атмосферных осадков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений. М.: изд-во АН СССР, 1951. 334 с.
2. Мустафин А. Г., Ковтуненко С. В., Пестриков С. В., Сабитова З. Ш. Отработанные месторождения медно-цинковых сульфидных руд Республики Башкортостан, как источники загрязнения окружающей среды // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология 2006): Материалы междунар. науч.-техн. конф. Уфа: Типография НИИ БЖД РБ, 2006. Т. 1. С. 109.
3. Белан Л. Н. Медико-биологические особенности горнорудных районов // Вестник Оренбургского государственного университета. 2005. С. 112–116.
4. Мустафин А. Г., Пестриков С. В., Ковтуненко С. В., Сабитова З. Ш. Отработанные месторождения полезных ископаемых как источник загрязнения окружающей среды // Экология и промышленность России. 2008. №11. С. 32–35.
5. Рогова Т. С. Обоснование технологии выравнивания профиля приемистости нагнетательных скважин на нефтяных месторождениях композициями на основе щелочных силикатно-полимерных гелей: автореф. дисс. ... к.т.н. Москва, 2007. С. 10–15.
6. Ленченкова Л. Е., Кабиров М. М., Персиянцев М. Н. Повышение нефтеотдачи неоднородных пластов. Уфа: изд-во УГНТУ, 1998. 160 с.
7. Бактыбаева З. Б., Сулюндуков Я. Т., Юнусбаев У. Б., Сабитова З. Ш. Влияние месторождения Куль-Юрт-Тау на прибрежно-водные растительные сообщества реки Таналык // Экономические и экологические проблемы горнодобывающих предприятий Башкирского Зауралья: Материалы кругл. стола 9 декабря 2006 г. М.: Оргсервис–2000, 2007. С.107–115.

*Поступила в редакцию 05.07.2010 г.*