

УДК 628.511:614.838.12

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩА  
БАЛХАШСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО  
КОМБИНАТА КОРПОРАЦИИ «КАЗАХМЫС»  
НА КОМПОНЕНТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**Докт.техн.наук  
Канд.техн.наукЕ.В.Баймакова  
У.Ж.Джусипбеков  
Б.И.Свирякин

*В данной работе рассматривается влияние Балхашского хвостохранилища на оз.Балхаш, а также воздействие на почвенный покров окружающей среды.*

Балхашская медно-молибденовая обогатительная фабрика перерабатывает руды Коунрадского и Саякского месторождений. В сутки на фабрике перерабатывается 33,7 тыс. тонн коунрадских руд и 9,5 тыс. тонн саякских руд. Отходы обогащения складываются в хвостохранилище.

Хвостохранилище медно-молибденовой фабрики (ММФ) эксплуатируется с 1947 года и расположено на приозерной равнине в северной части залива Тарангалык озера Балхаш. До строительства хвостохранилища стоки обогатительной фабрики примерно в течение 10 лет без очистки и отстаивания направлялись в естественные понижения рельефа местности, прилегающей к фабрике. Часть сбросов фабрики достигала озера и откладывалась там, в виде донных отложений.

Поверхность всхолмленной равнины, на которой размещено хвостохранилище, имеет слабо выраженный уклон в сторону озера (в среднем от 0,003 до 0,005).

Общая площадь хвостохранилища ММФ – около 40 км<sup>2</sup>. Южная дамба повторяет в плане очертания береговой линии залива Тарангалык и находится от нее на расстоянии от 300 до 1500 м. Восточная и северная дамбы практически прямолинейны.

Максимальная высота сооружения достигает 25 м (в районе расположения насосной оборотного водоснабжения фабрики).

В Балхашское хвостохранилище в 1998 году поступило 11,75 млн. т хвостов (на 01.01.98 в хвостохранилище уже накоплено 515,66 млн. т

хвостов). Общий объем потерь воды из отстойного пруда хвостохранилища и пруда-испарителя оценивается в 15-16 млн. м<sup>3</sup>/год (потери на фильтрацию). Из них в дренажные каналы поступает 6,5-7,0 млн. м<sup>3</sup>, около 20 % теряется на внутригрунтовое испарение, а остальное поступает в бывший вторичный отстойный пруд.

Подземные воды в районе хвостохранилища встречаются почти повсеместно. Основными водовмещающими породами являются четвертичные отложения. Кора выветривания и верхняя зона трещиноватых пород каменноугольного периода, по всей видимости, значительной роли в процессах распространения загрязнений не играют.

Глубина залегания зеркала грунтовых вод на площадке хвостохранилища составляет от 0 до 5,7 м. Условия формирования подземного потока весьма отличаются на различных участках. Формирование основной части природного грунтового потока происходит далеко за пределами хвостохранилища на прилегающих к озерной впадине склонах. По своему составу воды сульфатно-хлоридные - натриево-кальциевые, слабо щелочные, очень жесткие, в основном сильно соленые, реже соленые.

В отходах обогащения тяжелые металлы и сопутствующие им мышьяк, сурьма, фтор, кадмий присутствуют в количествах меньших, чем в исходной руде, но зачастую все же в значительном количестве (табл.1,2)

Таблица 1

Результаты спектрального анализа хвостов  
Балхашской ММОФ, %

Элементы	As	Aq	Ba	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	J
Хвосты коунрадские	0,005	0,0003	0,02	н/о	н/о	н/о	0,007	0,2	0,001
Хвосты саякские	0,03	0,0005	0,04	0,001	н/о	н/о	0,007	0,3	0,001

Mo	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Ti	V	W	Zn	Zr
0,003	0,005	0,003	0,015	н/о	0,0007	0,003	0,003	0,002	0,03	0,001
0,01	0,02	0,005	0,05	н/о	0,002	0,003	0,003	0,005	0,2	0,001

Таблица 2

Валовое содержание металлов в пробах хвостов  
Балхашской ММОФ

Перерабатываемая руда	Содержание валовых форм, мг/кг				
	Cu	Zn	Ni	Pb	Cd
Коунрадская	1820,0	98,0	20,0	26,7	0,2
Саякская	3510,0	232,0	32,0	108,4	0,3

В Саякской руде, в подвижной меди обнаружено около одного процента, подвижные никель, цинк и свинец обнаруживаются в количествах, также превышающих содержание в Коунрадской руде.

Для экологической оценки состояния территорий, прилегающих к хвостохранилищу большое значение имеет количество в хвостовой пульпе перерабатываемых руд подвижных форм тяжелых металлов. В данном случае отмечается, что в коунрадской руде содержится сравнительно небольшое количество подвижных меди (сотые доли процента от ее валового содержания), но подвижных цинка, никеля и свинца обнаружено значительно больше (табл.3).

Таблица 3

Содержание подвижных форм металлов в хвостах  
Балхашской ММОФ

Руда	Содержание подвижных форм, мг/кг										
	Экстрагируемых ААБ-рН <sub>4,8</sub>					Экстрагируемых 1М HNO <sub>3</sub>					
	Cu	Zn	Ni	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Pb	As	Cd
оунрад- ская	0,2	22,0	22,0	27,7	0,7	0,13	<0,5	<0,5	0,29	20,25	<0,01
аякская	40,9	41,0	30,0	108,9	0,9	0,13	<0,5	<0,5	0,40	35,0	0,01

Из таблицы 4 видно, что хвосты содержат в основном соединения кремния, алюминия и железа, на долю которых приходится 75 – 85 % от всей массы отходов. Карбонатов в отходах содержится сравнительно небольшое количество (2 – 14 %), серы общей 0,3 – 0,5 %. В хвостах присутствуют 0,12 – 0,15 % меди и 0,01 % цинка. Отмечается наличие мышьяка – до 0,005 %.

Для выявления наиболее значимых путей загрязнения подземных вод, а через них и оз.Балхаш были выполнены фильтрационные расчеты и построена карта гидроизогипс. Расчеты выполнялись по методу электрогидродинамических аналогий (ЭГДА) с использованием интегратора ИЭГДА-9/60.

Таблица 4

Валовое содержание химических элементов  
и их соединений в хвостах Балхашской ММОФ, %

Наименование химических элементов и их соединений	Содержание в хвостах обогащения руд, %	
	Коунрадских	Саякских
1	2	3
Оксид кремния	72,2	54,9
Оксид алюминия	10,8	10,2
Железо общее	2,5	10,0
Оксид железа ( $Fe_3O_4$ )	-	-
Оксид кальция	2,1	14,5
Марганец	-	0,007
Сера общая	0,54	0,32
Медь общая	0,152	0,121
Свинец	0,002	-
Цинк	0,01	0,01
Молибден	0,0022	0,0036
Мышьяк	0,005	-

Метод ЭГДА основан на математической аналогии между движением электрического тока в проводнике (электропроводной бумаге) и процессом перемещения воды в пористой среде. За основу была принята методика В.И. Аравина, предусматривающая решение задачи плановой фильтрации со сложными геологическими условиями. По этой методике решение задачи безнапорной фильтрации в пласте с переменной проводимостью сводится к задаче напорной фильтрации в однородной среде. То есть безнапорный пласт заменяется напорным пластом, а поверхность депрессии безнапорного пласта заменяется плоскостью.

При изготовлении электропроводной модели хвостохранилища использовались:

– топографический план территории с нанесенными на нем линиями уреза воды в пруду хвостохранилища, пруду-накопителе, озере Балхаш и всех наиболее значительных водопроявлениях;

— характерные геологические разрезы по исследуемой территории с указанием значений коэффициентов фильтрации пород;

— сведения об отметках горизонтов воды в отстойных прудах, дренажных каналах и оз. Балхаш.

После построения карты гидроизогипс (см. рис. 1) проводился расчет расходов фильтрационного потока на различных участках дамбы хвостохранилища. Для этого были выбраны две соседние гидроизогипсы с наименьшей кривизной и известной величиной напора между ними  $\Delta h$ . Отсек, заключенный между гидроизогипсами, разбивался на  $n$  частей со средней шириной отсека и средней длиной  $\Delta l$ . Среднее значение водо-проводимости каждого отсека находилось с помощью соответствующих расчетов с использованием геологических разрезов.

Карта гидроизогипс

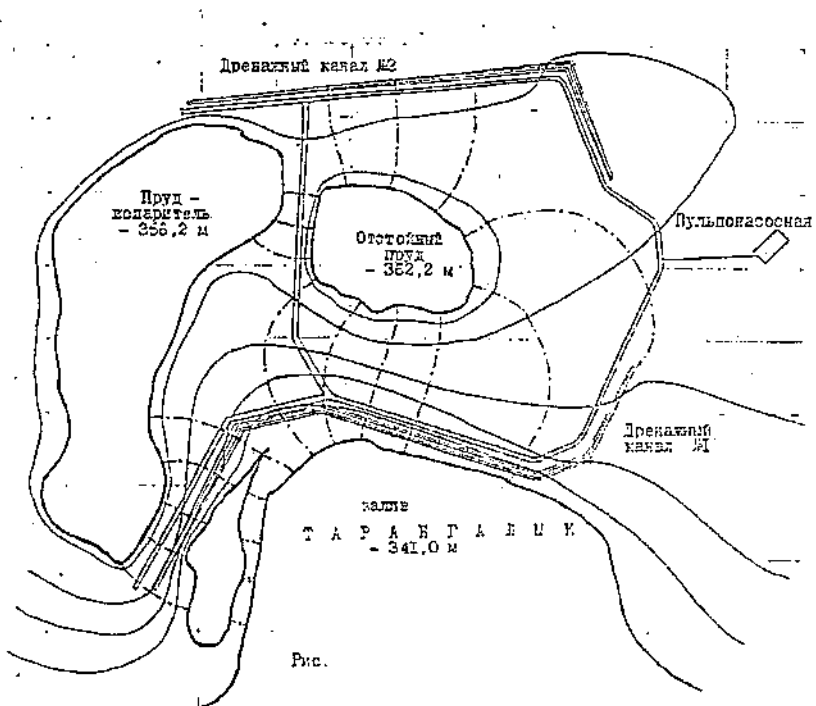


Рис.

Условные обозначения:  - гидроизогипсы;  
 - линии тока

Рисунок 1

Таким образом, фильтрационный расход определялся по формуле:

$$Q = \sum Nk_i \frac{\Delta h}{\Delta S_i}, \quad (2.4)$$

где:  $Nk_i$  – коэффициент водопроницаемости водоносного пласта в пределах  $i$ -го отсека;

$\Delta h$  – напор между выбранными гидроизогипсами;

$\Delta S_i$  – средняя ширина  $i$ -го отсека;

$\Delta l_i$  – средняя длина  $i$ -го отсека.

Для увеличения наглядности распределения фильтрационного потока в пределах исследуемой территории была построена гидродинамическая сетка (рис.1). Анализ расположения гидроизогипс и линий тока позволяет сделать следующие выводы.

Основной объем фильтрационного потока из отстойного пруда хвостохранилища (около 55 %) направлен в сторону дренажного канала № 1. Примерно третья часть потока поступает в дренажный канал № 2, а остальное – в пруд-накопитель.

Специалистами ГНПОПЭ “Казмеханобр” выполнены анализы различных вод в районе хвостохранилища и получены следующие результаты (табл. 5).

Из табл.5 видно, что концентрация ионов меди, как правило, не превышает  $0,0013 \text{ мг/дм}^3$ . Наибольшее количество меди обнаружено в южном дренажном канале ( $0,086 \text{ мг/дм}^3$ ), в грунтовых водах западной части приозерной террасы и пруде-испарителе хвостохранилища (по  $0,02 \text{ мг/дм}^3$ ). В пробах воды из прудов хвостохранилища обнаружено довольно высокое содержание молибдена: оно превышает ПДК для водоемов хозяйственно-бытового назначения в 12 раз. В водах приозерной террасы и дренажных каналов имеет место превышение ПДК в 4 раза. Цинк во всех типах техногенных вод содержится примерно в одинаковом количестве ( $0,02-0,05 \text{ мг/дм}^3$ ); свинца также много практически во всех водах (в 2-3 раза выше ПДК), особенно в дренажных каналах ( $0,17-0,12 \text{ мг/дм}^3$ ) и грунтовых водах приозерной террасы; кобальт и никель содержатся в пределах ПДК.

В процессе хранения отходов обогащения в хвостохранилище происходит выщелачивание ионов мышьяка из заскладированного материала. Особенно много водорастворимых форм мышьяка в водах отстойного (первичного) и испарительного прудков ( $0,08-0,06 \text{ мг/дм}^3$ ). В фильтрационных водах и в водах приозерной террасы мышьяк обнаружен в количестве  $0,02-0,05 \text{ мг/дм}^3$ , то есть в пределах ПДК или несколько меньших количествах, чем ПДК.

Таблица 5

Результаты химического анализа техногенных и природных вод  
в районе хвостохранилища Балхашской ММФ

Место отбора пробы	Содержание, мг/дм <sup>3</sup>						
	Cu	Zn	Pb	Mo	Co	Ni	As
Жидкая фаза хвостовой пульпы	0,0013	0,025	0,090	0,04	0,047	0,020	0,015
Первичный отстойный пруд хвостохранилища	0,0013	0,021	0,054	3,00	0,084	0,031	0,080
Пруд-испаритель	0,0220	0,026	0,086	3,00	0,089	0,013	0,060
Южный дренажный канал	0,0860	0,040	0,170	0,80	0,078	0,014	0,005
Северный дренажный канал	0,0013	0,031	0,119	1,16	0,089	0,013	0,055
Насосная оборотной воды	0,0013	0,032	0,004	3,00	0,057	0,026	0,060
Грунтовые воды приозерной террасы:							
– западная часть	0,0230	0,040	0,108	0,40	0,078	0,015	0,050
– центральная часть	0,0013	0,045	0,097	1,16	0,073	0,013	0,020
– восточная часть	0,0080	0,047	0,105	0,25	0,089	0,031	0,015
Бывший вторичный отстойный пруд	0,0025	0,05	0,103	1,32	0,110	0,05	0,05
Залив Тарангалык:							
– западная часть	0,0013	0,013	0,008	0,04	0,105	0,063	0,020
– восточная часть	0,0013	0,022	0,040	0,01	0,013	0,013	0,026

Обширная площадь Балхашского хвостохранилища, интенсивное пыление пляжей способствуют созданию напряженности в компонентах окружающей среды в районе этого отвала. В табл.6 приведены результаты химического анализа осредненных почвенных проб, отобранных в районе расположения хвостохранилища Балхашской ММОФ. Усреднение проводилось по пяти единичным пробам, отбираемым из почвенного горизонта в наибольшей мере подверженного загрязнению ( $h=0\div 10$  см) частицами хвостов, выносимыми с территории хвостохранилища.

Фоновая проба отбиралась в пяти точках, северо-западнее хвостохранилища на территориях, где отсутствовали видимые следы хвостовых отложений.

Необходимо отметить, что для получения более наглядных результатов возможного загрязнения почвы хвостами, пробы почвы из зоны влияния хвостохранилища отбирались из под многолетнего слоя хвостовых отложений мощностью 15-20 см.

Таблица 6

Содержание валовых форм элементов в почвах территорий, прилегающих к хвостохранилищу, мг/кг (лето 1998 г.)

Глубина отбора пробы, см	Cu	Ni	Zn	Cd	Pb
Почва, отобранная северо-западнее Балхашского хвостохранилища (фон)					
0-10	76,6	28,0	42,0	0,2	25,1
Почва, отобранная в зоне влияния Балхашского хвостохранилища					
0-10	16,38	28,0	40,0	0,3	20,7

Из таблицы видно, что медь (валовое содержание) в почвенных образцах фона обнаруживается в количествах существенно превышающих ПДК, а почва в зоне влияния хвостохранилища содержит медь в пределах ПДК. Все остальные потенциально опасные тяжелые металлы как в фоновой почве, так и в почве территории, прилегающей к хвостохранилищу, содержатся в пределах ПДК.

Определение в этих же почвенных образцах водно-растворимых и подвижных форм потенциально опасных тяжелых металлов показало, что медь и свинец растворимы в воде всего лишь в количестве соответственно 0,22 мг/кг и 0,17 мг/кг, а растворимость никеля, цинка и кадмия практически отсутствует (табл. 7).

В целом, анализы показывают, Балхашское хвостохранилище не оказывает опасного воздействия на почвенный покров окружающей среды. Во всяком случае, в соответствии с действующими нормативными документами это воздействие не может быть оценено как недопустимое.



Таблица 7  
Содержание водно-растворимых форм элементов в почвах территорий, прилегающих к хвостохранилищу, мг/кг (лето 1998 г.)

Глубина отбора, см	Cu	Ni	Zn	Cd	Pb
Почва, отобранная северо-западнее Балхашского хвостохранилища (фон)					
0-10	0,22	<0,5	<0,5	0,02	0,17
Почва, отобранная в зоне влияния Балхашского хвостохранилища					
0-10	0,13	0,3	<0,5	0,01	0,38

Подвижных форм тяжелых металлов в почвенных образцах обнаружено несколько больше, чем водно-растворимых (табл. 8).

Таблица 8  
Содержание подвижных форм элементов в почвах территорий, прилегающих к хвостохранилищу, мг/кг (лето 1998 г.)

Глубина отбора проб, см	Содержание подвижных форм элементов, экстрагируемых									
	ААБ- рН <sub>4,8</sub>					1М ННО <sub>3</sub>				
	Cu	Ni	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Zn	Cd	Pb
Почва, отобранная северо-западнее Балхашского хвостохранилища (фон)										
5-10	17,1	28,0	<0,5	0,9	23,0	0,22	<0,5	<0,5	0,02	0,17
Почва, отобранная в зоне влияния Балхашского хвостохранилища										
5-10	68,9	26,0	<0,5	1,0	16,0	0,13	0,3	0,5	0,01	0,38

Таким образом, оценка экологической ситуации в районе размещения хвостохранилища Балхашской ММОФ позволяет считать возможным дальнейшее складирование в эти накопители отходов производства, образующихся при обогащении руд Коунрадского и Саякского месторождений/ 1,2/.

В процессе исследований установлено следующее:

Определенная роль в техногенном давлении на оз.Балхаш принадлежит процессам загрязнения подземных вод при их прохождении под Балхашским хвостохранилищем. Несмотря на то, что большая часть дренажных вод хвостохранилища перехватывается дренажными каналами №1 и 2 и используется в оборотном водоснабжении фабрики, определенная часть загрязненного подземного потока все таки проскакивает под каналами и попадает в озеро Балхаш. В частности, наблюдается значительное сгущение гидродинамической сетки в районе ограждающей дамбы пруда накопителя.

Некоторую роль в процессе загрязнения озера Балхаш играют процессы выщелачивания ионов тяжелых металлов из донных отложений хвостов в заливе Тарангалык.

Тем не менее, влияние хвостохранилища на подземные воды локализовано, концентрации загрязняющих веществ в них не превышают, как правило, фоновых значений природных вод, что позволяет оценить его в настоящее время как объект, способный противостоять техногенным нагрузкам.

Исследованиями отмечено высокое фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Балхашской площадки, что позволяет отнести эту площадку к территориям с аномальным содержанием меди, цинка, свинца и некоторых других металлов. Фоновое содержание металлов в почвах местами бывает настолько высоко, что превышает содержания этих металлов на границе санитарно-защитной зоны хвостохранилища.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические указания по определению уровня загрязнения компонентов окружающей среды токсичными веществами отходов производства и потребления. РНД 03.3.0.4.01 -96. Алматы, 1996.
2. Порядок нормирования объемов образования и размещения отходов производства. РНД 03.1.0.3.01-96. Алматы, 1996.

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати

#### **“ҚАЗАҚМЫС” КОРПОРАЦИЯСЫ БАЛХАШ ТАУ-МЕТАЛЛУРГИЯСЫ КОМБИНАТЫНЫҢ ҚАЛДЫҚ ҚОЙЫРТПАҒЫНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА ӘСЕРІН ТАЛДАУ**

	Е.В. Баймакова
Техн. ғыл. докт.	У.Ж. Жүсіпбеков
Техн. ғыл. канд.	Б.И. Свирякин

Жұмыста Балхаш комбинатының қалдық қойыртпақтарының Балхаш көліне, сонымен қатар қоршаған ортаның жер беті топырақтарына әсері.