

УДК. 550.84:504.054(574.21)

**К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩА СОКОЛОВСКО -
САРБАЙСКОГО ГОРНООБОГАТИТЕЛЬНОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Академик АН ВШК В.С. Чередниченко
Канд.хим.наук Н.Д. Стороженко
Канд.с.-х.наук А.Г. Олейников
Б.И. Свирякин
В.Н. Зиньковский
В.А. Зубов
А.В. Чередниченко

Изучены особенности и выполнена комплексная оценка влияния хвостохранилища фабрики мокрой магнитной сепарации на окружающую среду. Показано, в частности, что чеганские глины не являются идеальным водоупором, и загрязнение подземных вод на начальном этапе эксплуатации хвостохранилища было значительным. Процессы коагуляции, обусловленные структурой складываемого материала, привели, однако, со временем к значительному снижению коэффициента фильтрации.

Оценено так же загрязнение почв и атмосферы и определены условия, при которых возможна дальнейшая эксплуатация хвостохранилища. Изложенные подходы применимы к оценке других хвостохранилищ подобного типа.

Оценка влияния на окружающую среду любого хвостохранилища представляет собой сложную научно-техническую задачу, поскольку это влияние определяется, помимо конструктивных особенностей самого хвостохранилища, еще и целым комплексом параметров окружающей среды. Из их числа наиболее важными являются геологические, гидрогеологические, геоморфологические и геохимические условия района размещения хвостохранилища, а также природно-климатические характеристики, состояние почв и растительного покрова [15].

Хвостохранилище фабрики мокрой магнитной сепарации (ФММС) Соколовско - Сарбайского горнообогатительного объединения (ССГПО) эксплуатируется достаточно долго (более 30 лет) и на протяжении всего этого срока неоднократно являлось объектом пристального внимания как со стороны службы эксплуатации комбината и исследователей, так и контролирующих органов. В результате нако-

плен весьма значительный объем материалов, позволяющих оценить не только воздействие хвостохранилища на компоненты окружающей среды, но и проследить динамику развития этого влияния на разных этапах его эксплуатации. Представляется, что именно особенности динамики изменений заслуживают наибольшего внимания и могут быть полезны при оценке и прогнозе воздействия на окружающую среду других хвостохранилищ.

Хвостохранилище ФММС расположено на территории, относящейся к подзоне засушливой разнотравно-злаковой степи на южных суглинистых, малогумусовых, местами солонцеватых черноземах. Хвостохранилище состоит из двух отсеков общей площадью 1005 га. Первый, площадью 500 га и высотой 30 м, заполнен до проектной отметки в 1974 г., и его эксплуатация прекращена. Три четверти его площади заняты прудом для сокращения поверхности пыления. Второй отсек, площадью 505 га, находится в эксплуатации. Его максимальная высота над прилегающей местностью достигает 36 м. Поверхность пруда также составляет три четверти общей площади отсека. В настоящее время ведется строительство третьего отсека хвостохранилища с проектной площадью около 700 га и высотой 30 м. Заскладированные отходы обогатительных фабрик относятся к намывным искусственным грунтам, то есть к антропогенным образованиям, характерными признаками которых являются: преимущественное содержание в них песчаных частиц, преобладание первичных минералов над вторичными, рыхлость и сыпучесть в сухом состоянии.

Рассматриваемые хвостовые отложения представляют определенную опасность для окружающей среды из-за наличия в них большого количества сульфидных минералов (до 10 % по массе). Дисперсии этих минералов, складированные на дневной поверхности, в условиях значительной аэрации и достаточного увлажнения оказывают влияние на солевой состав хвостовых отложений и почв из-за интенсивного окисления их с образованием сульфатных соединений. Подкисление хвостовых отложений за счет продуктов выветривания сульфидных минералов приводит к увеличению количества воднорастворимых солей тяжелых металлов (в первую очередь железа, марганца, меди, свинца, титана, цинка и др.) [7, 19]. Рыхлость и малая связность частиц хвостовых отложений в условиях интенсивной ветровой деятельности способствуют выносу мелких фракций и загрязнению ими прилегающих к хвостохранилищу территорий.

Для выяснения степени влияния хвостовых отложений ФММС на прилегающие территории в ряде точек были отобраны пробы почв и растительного материала. Результаты химического анализа почвенных проб показывают, что вблизи хвостохранилища почвы содержат большое количество железа, меди и цинка, в 2–3 раза превышающее

фоновое. При этом имеет место высокое содержание подвижных форм марганца и меди. (табл.1.)

Таблица 1

: Содержание некоторых химических элементов в почвах территорий, прилегающих к хвостохранилищу ФММС, мг/кг

Определяемый химический элемент	1 точка (2 км севернее хвостохранилища)	2 точка (0,3 км севернее хвостохранилища)	3 точка (2 км восточнее хвостохранилища)
Ванадий (валовое)	200	250	300
Железо(общее)	16500	13750	27500
Марганец (валовое)	470	470	620
Марганец (подвижное)	25	42	27
Медь (валовое)	72	90	67
Медь (подвижное)	4	4	4
Свинец (валовое)	13	12	20
Фосфор (валовое)	250	280	470
Цинк (валовое)	100	130	130
Цинк (подвижное)	1,0	1,8	0,8

Наиболее загрязнены почвы вблизи первого отсека хвостохранилища, что объясняется более длительным его использованием (с 1965 года) и большими объемами выноса заскладированных отложений под воздействием ветра. В почвах участка, отведенного под третий отсек хвостохранилища, содержание кобальта и меди (в 3 раза), никеля (в 1,5 раза), таллия (в 50 раз) превышает фоновый уровень [3, 7]. Это обусловлено, по-видимому, приносом на этот участок перевезенного материала с хвостохранилища. Действительно, в хвостовых отложениях кобальта в 20 раз, меди в 30-40 раз, свинца в 2-3 раза, цинка в 5-10 раз и т.д. больше, чем в почвах прилегающей территории. В почвах на территориях, прилегающих к хвостохранилищу с юга и севера, содержание тяжелых металлов находится в пределах фонового уровня.

Распределение тяжелых металлов в почвах вокруг хвостохранилища позволяет предположить, что перенос из него субстанции под действием ветра должен быть значительным. Для количественной оценки такого переноса выполнены специальные экспедиционные измерения пыления хвостохранилища.

Сущность примененного метода заключается в том, что на границе санитарно-защитной зоны хвостохранилища отбирались пробы воздуха на содержание пыли с наветренной и подветренной сторон объекта с одновременным измерением скорости ветра в соответствии с общепринятой методикой [15]. Для повышения достоверности отбор проб осуществлялся не менее трех раз с каждой стороны. Количество пыли, полученное как разность ее содержания в пробах подветренной и наветренной сторон, принималось за пыление с поверхности хвостохранилища при данной скорости ветра. Закон изменения количества выносимой пыли в зависимости от скорости ветра известен [16]. Однако требуется привязать его к гранулометрическому составу материала, слагающего пылящую поверхность, что и сделано посредством измерения пыления при известной скорости ветра. Кроме того, приходится учитывать, что запас готовой к переносу субстанции не является бесконечным, и, при сохранении скорости ветра неизменной, объем выносимой субстанции со временем несколько уменьшается (если скорость ветра более 10-12 м/с). С учетом этого фактора, поправка на который найдена экспериментально, объем переноса субстанции во всем диапазоне скоростей хорошо описывается выражением

$$Q_v = [0,2 \cdot (2 + N) \cdot V^2 \cdot (V - 3)] \cdot Q_n, \quad (1)$$

где Q_v - плотность массового расхода субстанции, выносимого за границу санитарно-защитной зоны при скорости ветра V , $\text{мг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$; V - возможные скорости ветра для данного региона, м/с; N - множитель, равный доле частиц размером менее 0,1 мм в единице объема, в долях единицы; Q_n - количество субстанции, выносимое при скорости ветра, определяемое по результатам отбора проб воздуха.

Результаты расчетов по формуле (1) представлены в табл. 2.

Таблица 2

Концентрация пыли в воздухе на границе санитарно-защитной зоны хвостохранилища в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	25
Концентрация пыли, $\text{мг}/\text{м}^3$	0,1	0,3	0,5	0,8	1,2	1,7	2,4	3,0	4,0	5,0	5,5

На основе данных (см. табл. 2) и распределения ветра по градам и месяцам года (М Костанай), вычислено для всех сезонов число случаев, в которые содержание пыли в воздухе на границе са-

нитарно-защитной зоны будет превышать ПДК. Поскольку отметки хвостохранилища превышают высоту, на которой измеряется ветер у земли (≈ 10 м), то метеорологические данные необходимо привести к уровню хвостохранилища [9,16,17]. С учетом этого получено, что число суток со сверхнормативным пылением равно: зимой 5, весной и летом 8, а осенью 4. В пределах санитарно-защитной зоны число суток со сверхнормативным пылением пляжа и откосов хвостохранилища будет больше.

Крупная часть субстанции выпадает в санитарно-защитной зоне, поэтому за ее пределы распространяются только взвешенные частицы, способные переноситься на большие расстояния, поскольку скорость их осаждения чрезвычайно мала [17]. Таким образом, без принятия специальных мер пыление хвостохранилища в ветреные дни создаст недопустимо высокую концентрацию пыли в воздухе на границе санитарно-защитной зоны и за ее пределами. Пыление хвостохранилища может быть уменьшено до допустимых пределов на границе санитарно-защитной зоны. Для этого, как показывают расчеты, общая площадь поверхности, склонной к пылению, должна быть сокращена до 60 га. Это условие может быть выполнено, если весь первый отсек хвостохранилища и низовые откосы второго подвергнуть рекультивации. Для предотвращения пыления пляжа второго, а также вводимого в эксплуатацию третьего отсека, должны использоваться методы временного закрепления пылящих поверхностей.

Влияние хвостохранилища на подземные воды представляется значительным и непостоянным во времени. Для его оценки, кроме материалов, полученных Казмеханобром [13], использованы также данные Затобольской гидрогеологической экспедиции, в том числе результаты изысканий на площадке строительства третьего отсека [5,6,10,11,14,18].

При оценке влияния первых двух отсеков хвостохранилища фабрики мокрой магнитной сепарации ССГПО и прогнозировании влияния третьего отсека исходили из того, что производительность фабрики, а также технология обогащения останутся такими, какими они были в течение последних тридцати лет. Соответственно, общий объем фильтрационных вод, поступающих в подземные водоносные горизонты, останется неизменным при своевременном выводе из эксплуатации первого и второго отсеков и предположении, что все отсеки находятся в одинаковых геологических и гидрогеологических условиях. При этом степень загрязнения реки Тобол также останется на нынешнем уровне. До выполнения настоящих исследований считалось, что причиной относительно благополучного положения дел с фильтрацией из первых двух отсеков является наличие в их основании слоя чеганских глин, хотя отдельными исследователями было показано, что влияние хвостохранилища на подземные воды района

несомненно имеет место [1]. Так, концентрация марганца в отдельных пробах превышала 18 ПДК, железа и кадмия — в несколько раз. Там же отмечалось, что уже спустя шесть лет после пуска в эксплуатацию второго отсека загрязнение достигло реки Тобол. Отсюда был сделан важный вывод, что чеганские глины не являются идеальным водопором.

В отличие от обычной водоподъемной плотины, в хвостохранилище в процессе эксплуатации на дне отстойного пруда откладывается наиболее тонкодисперсная часть хвостов, и объем фильтрующих стоков будет в значительной мере определяться мощностью и степенью консолидации этих отложений. Так, через несколько лет после пуска в эксплуатацию первого отсека хвостохранилища, при анализе результатов режимных наблюдений за уровнем грунтовых вод было отмечено, что по сравнению с результатами предпроектных изысканий имело место повышение уровня грунтовых вод на 2,0 - 2,5 м [14, 18]. После 30 лет эксплуатации хвостохранилища (в 1995 году) маршрутное обследование района показало, что фактические уровни грунтовых вод находятся на глубинах 1,4 - 4,9 м, что близко к естественному их положению [11].

Это противоречие может быть объяснено тем, что в начальный период эксплуатации хвостохранилища, когда толщина намытых хвостов была незначительной, имела место интенсивная фильтрация воды из отстойного пруда и, как следствие, подъем уровня грунтовых вод. По мере накопления на дне пруда слоя мелких частиц их экранизирующее влияние возрастало как за счет увеличения мощности, так и за счет того, что под влиянием вышележащей толщи отложений их нижние слои постепенно уплотнялись, что влекло за собой снижение их водопроницаемости и, следовательно, уменьшение объемов фильтрации.

Наличие вышеописанного механизма снижения фильтрации подтверждается расчетами. Согласно изысканиям Затобольской экспедиции, коэффициент фильтрации четвертичных аллювиальных отложений, слагающих основание третьего отсека, составляет 0,3 м/сут. Коэффициент фильтрации консолидированных донных отложений отстойного пруда не превышает, как правило, 0,05 м/сут. Тогда для расчета интенсивности удельной фильтрации (q) воспользуемся приведенным в [8] выражением

$$q = \frac{k \cdot (H + M)}{M}, \quad (2)$$

где k — коэффициент фильтрации экрана, м/сут; M — его мощность, м; H — глубина воды, м.

В начальный период эксплуатации отсека мощность экрана минимальна, примем ее равной 0,1 м. При глубине пруда $H=1,0$ м, получим значение удельной инфильтрации, равное 0,55 м/сут. Тогда общий объем фильтрующей воды равен около 0,83 млн м³/сут, что почти соответствует общему объему стоков, образующихся на фабрике. Таким образом, в начальный момент заполнения отсека значительная часть поступающих в него стоков будет фильтровать, вызывая подтопление территории вокруг хвостохранилища и загрязнение подземных вод.

С увеличением мощности экрана из тонкодисперсных хвостовых отложений объемы фильтрации будут уменьшаться. Расчеты по (2) показывают, что основное снижение происходит при увеличении мощности экрана до 1,0 м.

Расчетные данные хорошо согласуются с реальными объемами фильтрации. В настоящее время расход дренажных вод второго и первого отсеков составляет 12,9 тыс. м³/сут. При суммарной фактической площади отстойных прудов 5,26 млн м² можно найти, что инфильтрация составляет около 0,0025 м/сут, то есть она примерно в 20 раз меньше полученной расчетами по формуле (2).

Наблюдающееся несоответствие объясняется тем, что не учтена кольматирующая роль тонкодисперсной части хвостов, которая может оказать заметное влияние на скорость фильтрации. Основным критерием возможности осуществления кольматации является соблюдение неравенства [12]

$$\frac{D}{d} \leq 5 \div 6, \quad (3)$$

где D - усредненный размер диаметра пор кольматируемого грунта, d - среднее значение диаметра частиц взвеси.

Для исследуемого хвостохранилища условие (3) вполне выполнимо, поскольку около 48 % частиц мельче 0,044 мм и способны проникнуть в трещины и поры покровных грунтов. Следовательно, наряду с экранированием дна отстойного пруда, тонкодисперсная часть хвостов играет важную роль в процессах кольматации аллювиальных отложений в основании хвостохранилища. Реальность таких процессов подтверждается наблюдениями на других хвостохранилищах. Например, на старом хвостохранилище медной обогатительной фабрики Алмалыкского горно-металлургического комбината водооборот составлял 95 %, в то время как на новом едва достигал 50 %.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что наиболее интенсивное поступление загрязненных стоков в подземные воды имело место в начале эксплуатации первого и второго отсеков хвостохранилища. При определенных условиях, практически вся по-

даваемая в хвостохранилище жидкая составляющая пульпы могла фильтровать в подземные горизонты, то есть произошел как бы «залповый сброс» загрязненных стоков. Затем, по мере намыва экрана и кольматации грунтов основания, объем фильтрующих стоков постепенно уменьшался, но загрязнение подземных вод и грунтов основания уже произошло. Последующее увеличение мощности хвостовых отложений на дне отстойного пруда повлекло за собой, как уже было показано выше, уменьшение объемов загрязняющих веществ, поступающих в подземный поток. Но это не означает, что сразу начала уменьшаться концентрация загрязняющих веществ в подземных водах. Теперь уже сами грунты, будучи ранее загрязненными, становятся источником загрязнения подземного потока. Этот процесс может быть весьма продолжительным по времени. Время (t), через которое химический состав грунта вернется в исходное состояние, согласно [2], можно рассчитать по формуле

$$t = t_{\text{нач}} \cdot \left[1 - \frac{(1 + B_d) \cdot B_c}{B_d (1 + B_c)} \right], \quad (4)$$

где $t_{\text{нач}}$ – время, в течение которого загрязняющие вещества поступали в подземный поток; B_c и B_d – параметры сорбции и десорбции вещества.

Для песка крупностью 0,25 - 1,0 мм при фильтрации со скоростью $V = 3,14$ м/сут для цинка, марганца и меди эти параметры равны: $B_c = 0,14 - 30,0$ и $B_d = 25,0 - 50,0$. Нетрудно найти, что для $B_c = 5,0$ и $B_d = 10,0$ при $t_{\text{нач}}$ равном только одному году время десорбции будет равно 12 годам. Таким образом, наличие загрязняющих веществ будет отмечаться через много лет после факта загрязнения. В реальных же условиях при эксплуатации хвостохранилища поступление загрязняющих веществ в подземный поток, хотя и в небольших количествах, но все-таки продолжается. Это приводит к некоторому увеличению их концентрации в потоке вблизи хвостохранилища до того момента, пока объем загрязнений, привносимый фильтрационным потоком из хвостохранилища, не сравняется с объемом, выносимым подземным потоком [4].

Анализ полученных результатов позволяет сделать ряд выводов. При условии своевременного прекращения эксплуатации первого и второго отсеков хвостохранилища и сохранении современных объемов фильтрационных вод, поступающих в подземные водоносные горизонты, степень загрязнения реки Тобол останется на вполне

допустимом уровне. Своевременная консервация отсеков хвостохранилища позволит существенно снизить, за счет выполнения санитарно-гигиенической рекультивации и закрепления низовых откосов, загрязнение атмосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бастанжиева Е.Д. Отчет о результатах гидрогеологической и инженерно-геологической съемки с геологической съемкой дочетвертичных и четвертичных отложений масштаба 1:50000 в 1987-1991 гг. для целей ПГС на Кустанайском промрайоне. - Кустанай: Изд. СКТГФ, 1991. - 52 с.
2. Бочевер Ф.М., Лапшин Н.Н., Орадовская А.Е. Защита подземных вод от загрязнения. - М.: Недра, 1979. - 9 с.
3. Геохимия окружающей среды/ Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. - М.: Недра, 1990. - 335 с.
4. Гидрогеология и охрана окружающей среды горнорудных районов Северного Казахстана / В.В. Веселов, Т.Т. Махмутов, М.Б. Едигенов и др. - М.: Недра, 1992. - 120 с.
5. Гидравлические исследования прорыва дамб хвостохранилища и предложения для проектирования защитных мероприятий объектов ССГОКа // Технический отчет. - М.: Изд. Института ВодГЕО, 1982. - 32 с.
6. Гидрогеологические работы по изучению режима подземных вод на площадке реконструкции хвостового хозяйства, Васильевского и Темир-Булакского накопителей в г. Рудном Кустанайской области. - М.: Изд. Институт Фундаментпроект, 1991. - 34 с.
7. Емельянов И.И. Динамика органических остатков в темнокаштановых карбонатных почвах. // Тр. ин-та почвоведения АН КазССР. - 1963. - Вып. 14. - С 242 - 256.
8. Муфтахов А.Ж. Фильтрация загрязненных вод к кольцевому горизонтальному дренажу. // Тр. ВодГЕО. - 1987. - Вып. 23. - С. 214 - 224.
9. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып. 18. Кн. 2, Казахская ССР. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 440 с.
10. Отчет об инженерно - геологических изысканиях на площадке третьего отсека хвостохранилища / Институт Фундаментпроект. - № ГР 01.89.0017711; инв. № 00295.00109509. М., 1990. - 120 с.
11. Отчет о результатах инженерных изысканий на территории проектируемого 3-го отсека хвостохранилища фабрики ММС ССГПО/ Затобольская гидрогеологическая экспедиция. - Костанай: Изд. АО "Кустанайгидрогеология", 1996. - 48 с.
12. Патрашев А.Н.. Напорное движение грунтового потока насыщенного мелкими песчаными и глинистыми частицами. Ч.1.

- Заиление грунтовых скелетов// Изв. ВНИИГ. - 1985. - Т. 15. - С. 111 - 118.
13. Предварительная оценка влияния хвостохранилища фабрики ММС и породных отвалов ССГПО на окружающую среду: Отчет НИР./ ГНПОПЭ Казмеханобр. - № ГР 01.95.0010713; инв. № 00144. 00109512. - Алматы, 1994. - 27 с.
 14. Прогноз возможности загрязнения р. Тобол при наращивании хвостохранилища ССГОКа и разработка рекомендаций по предотвращению пыления хвостов. - Белгород: Изд-во Института ВиОГЕМ, 1990. - 49 с.
 15. РНД 03.3.0.4.01 - 95. Методические указания по оценке влияния на окружающую среду размещенных в накопителях производственных отходов, а также складироваемых под открытым небом продуктов и материалов. - Алматы, 1995. - 17 с.
 16. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. - Л.: Гидрометеоздат, 1986. - 181 с.
 17. Сонькин Л.Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы. - Л.: Гидрометеоздат, 1991. - 223 с.
 18. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на объекте Хвостовое хозяйство Соколовско - Сарбайского ГОКа в г. Рудном / Институт Кустанайгорсельпроект. - № ГР 03.74.0044491; инв. № 01603.00107104. - Кустанай, 1970. - 43 с.
 19. Южные черноземы Северного Казахстана. Изменение их природных свойств при окультуривании /авторский коллектив Ин-та почвоведения АН КазССР; Отв. ред. У.У.Успанов. - Алма-Ата, Наука, 1974. - 232 с.

Казахский Государственный Национальный
Университет им. аль -Фараби

Государственное научно - производственное объединение
прикладной экологии "Казмеханобр"

АО Соколовско - Сарбайское Горнообогатительное Объединение

Казахский научно - исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

СОКОЛОВ-САРЫБАЙ ТАУ-БАЙЫТАТЫН БІРЛЕСУІДЕ ҚАЛДЫҚ САҚТАУ ОРНЫНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА ӘСЕРІНЕ БАҒА БЕРУ

ЖМ АҒ академигі В.С. Чередниченко
Хим. ғ. канд. Н.Д. Стороженко
Ауыл-ш. ғ. канд. А.Г. Олейников
Б.И. Свирякин
В.Н. Зиньковский
В.А. Зубов
А.В. Чередниченко

Ылғалды магнитті бөліну фабрикасының қалдық сақтау орнының қоршаған ортаға әсерінің комплексті бағасы анықталған және ерекшелігі зерттелген. Сондай-ақ Шығанақтың сазы суға жақсы тірек болмағандықтан қалдықты сақтау орнын пайдаланудың алғашқы кезеңде жер астындағы сулардың ластануы жоғары болғаны көрсетілді. Жинақтаған заттардың құрылымның себебінен болған кольматация процесі бертін келе сүзу коэффициентінің біршама төмендеуіне әкелді. Қалдық сақтау орнын одан әрі қолдануы кезінде топырақ пен атмосфера ластануына баға беріліп, оның жағдайлары анықталды. Келтірілген мәселелерді шешу жолдары басқа да қалдық сақтау орындарына қолдануға болады.