

УДК 502.56

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ХРАНИЛИЩ
ТВЕРДЫХ И ЖИДКИХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Канд. техн. наук М.А. Шинтемиров

В статье рассматриваются особенности процесса разрушения хранилищ отходов промышленности и приводятся результаты анализа аварий на хвостохранилище Жезказганского горно-металлургического комбината. Возникновение аварий произошло вследствие отсутствия должного геотехнического контроля и мониторинга за работой оборудования, нарушения технологии работ.

Объемы отходов, образующихся ежегодно при добыче и обогащении полезных ископаемых, исчисляются миллиардами тонн. Основная масса отходов горных предприятий складировается в специальные гидротехнические сооружения – хвостохранилища, которые занимают огромные площади, нарушают природный ландшафт, загрязняют воздушный бассейн, поверхностные и подземные воды.

В большинстве случаев при переработке руд применяют мокрые способы обогащения, в результате которых концентраты и пустая порода – хвосты получаются в смеси с водой, в виде пульпы. В связи с этим, удаление хвостов от обогатительных фабрик и их укладка производится гидравлическим способом. С увеличением объемов добычи руды, вовлечением в переработку все более бедных руд резко возросли объемы отходов обогащения. Стремление к уменьшению площадей, занимаемых хранилищами, и увеличение их объемов приводит к увеличению высоты хвостохранилищ. Некоторые хвостохранилища в настоящее время достигли высоты 100...150 м.

Отсутствие достаточного опыта проектирования и эксплуатации таких сложных сооружений привело к ряду серьезных аварий на хвостохранилищах горнодобывающей промышленности. Так как хвостохранилища расположены обычно вблизи промышленных комплексов и населенных пунктов, то аварии наносят значительный материальный ущерб, загрязняют обширные территории, реки и водоемы, а иногда сопровождаются человеческими жертвами.

Анализ данных об авариях, приведенных в [1, 2] позволил установить основные причины, которые их вызывают. Все они могут быть объединены в следующие группы:

- неправильные проектные решения из-за недостатка достоверных исходных данных (инженерно-геологических, гидрогеологических, гидрологических, природно-климатических и др.) для проектирования, отсутствия обоснованных методик расчета устойчивости, баланса воды в хранилищах и т.п.;
- низкое качество строительства пионерных сооружений (подготовки основания, уплотнения отсыпаемого в пионерные дамбы грунта, экранирования и дренирования, устройства водоотводящих и водосбросных сооружений и др.);
- нарушение правил эксплуатации (несоблюдение размеров пляжей, превышения гребня дамбы над уровнем воды в отстойном пруде, нарушение технологии намыва и т.п.).

Доля каждой группы факторов в произошедших авариях составляет: нарушение правил эксплуатации – 49 %, низкое качество строительства – 28 % и ошибки проектирования – 23 %.

Влияние перечисленных факторов на надежность эксплуатации хвостохранилищ трудно поддается прогнозированию, так как их изменение во времени носит зачастую случайный характер. Однако следует обратить внимание на то обстоятельство, что такие факторы, как ошибки проектирования и низкое качество строительства проявляются в первые 5 – 10 лет эксплуатации хвостохранилищ, а затем их влияние уменьшается. Поэтому наиболее опасной причиной всех аварий на хвостохранилищах является нарушение правил эксплуатации.

По размеру ущерба, наносимого народному хозяйству, аварии могут быть разделены на три категории:

- катастрофические, связанные с частичным или полным разрушением хвостохранилищ и движением мощного грязевого потока, смывающего на своем пути строения, приводя к гибели людей и животных, и загрязняющего обширные территории, водотоки и водоемы;
- местные аварии, приводящие к временной остановке промышленных предприятий, не связанные с разрушением строений и гибелью людей;
- локальные аварии отдельных элементов хвостового хозяйства (нарушение систем гидротранспорта хвостов или обратного водоснабжения, нарушение местной устойчивости ограждающих дамб хвостохранилища и

т.п.), обуславливающие использование дублирующих сооружений (резервных ниток пульповодов, водоводов осветленной воды, аварийных бассейнов и др.) либо, в зависимости от размера повреждений, временные ограничения в работе рудоподготовительного комплекса предприятия.

При наличии на предприятии постоянного контроля за состоянием хвостохранилища (визуального и инструментального) и обоснованного плана ликвидации аварий гидросооружений, локальные аварии можно полностью предупредить, а местные – локализовать и выполнить восстановительные работы с минимальными затратами.

Катастрофические аварии, связанные с переливом воды через гребень ограждающей дамбы и последующим ее размывом, происходят по следующим причинам:

- переполнение отстойного пруда хвостохранилища вследствие поступления неучтенных проектом дополнительных паводковых вод, промстоков или аварии водоотводящих и водосбросных сооружений;
- нарушение технологии намыва (длительный намыв на одном месте, несоблюдение минимально допустимых размеров пляжа и превышения гребня дамбы над уровнем воды в пруде и т.п.), что может вызвать оплывание низового откоса, потерю местной и общей устойчивости, сосредоточенную фильтрацию, суффозию грунта и т.п.;
- дополнительные динамические нагрузки, не учтенные проектом, например, сейсмические, которые могут привести к увеличению активных сдвигающих сил или разжижению грунтов ограждающей дамбы хвостохранилища.

При этом, большинство катастрофических аварий, сопровождающихся вытеканием на местность грязевого потока, независимо от причин разрушений, имеют ряд одинаковых характерных особенностей.

При разрушении вытекающий из прудковой зоны поток размывает в дамбе хвостохранилища проран. Ширина прорана колеблется в зависимости от вытекающего объема от 10...25 м до 100...120 м. Практически во всех случаях в течение первых 0,5...1 часа происходил размыв прорана на откосе дамбы, сложенной обычно намывными крупно- и среднезернистыми песками, до её основания, затем размыв происходил лишь в ширину.

При размыве прорана, через него из прудка вытекает лишь часть накопленного там объема, а, именно вода и верхний слой недоуплотненных хвостов. Во всех случаях разрушений форма прорана трапецеидальная почти с вертикальными откосами.

Анализ разрушений показывает, что гидрограф расхода потока, вытекающего через проран, обычно сходен с гидрографом волны попуска, т.е. имеет короткую ветвь подъема (обычно 0,5...1 час) и плавную ветвь спада, определяемую вытекающими из прудка объемами и площадями.

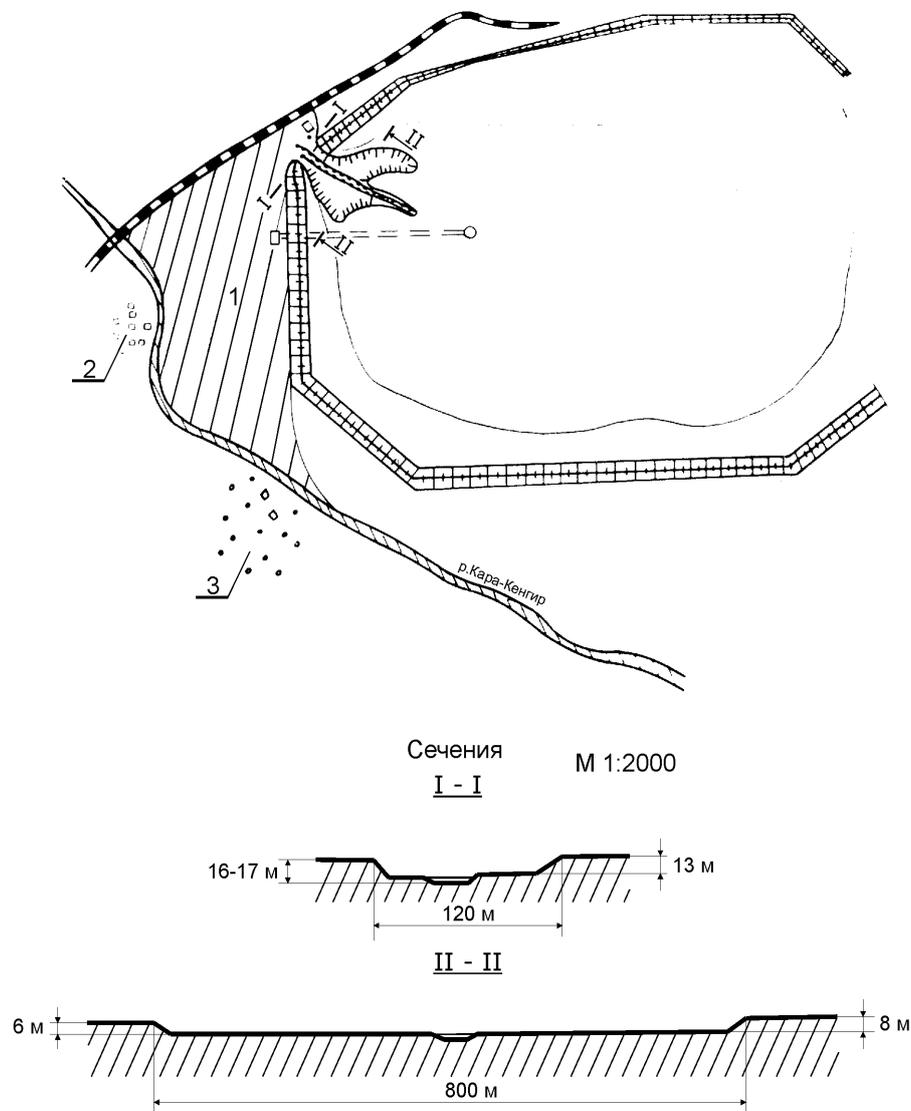
При выходе на прилегающую к хвостохранилищу местность движение потока зависит от рельефа местности и множества различных факторов (наличия на пути движения строений, естественных водоёмов, котлованов, преград, растительности, размываемых грунтов и т.д.). Но можно отметить, что при наличии вблизи русла естественного водотока, поток движется по его руслу. При возможности свободного растекания поток занимает значительную территорию (ширина потока на местности во много раз превышает ширину прорана). Характер же движения потока на большей части пути бурный, неустановившийся, сам поток обладает большой энергией и несет большие разрушения.

Рассмотрим эти особенности на примере аварий хвостохранилища Жезказганского горно-металлургического комбината. Первая авария на хвостохранилище обогатительных фабрик №1 и №2 Жезказганского горно-металлургического комбината произошла в 1977 году. Хвостохранилище намывного типа, эксплуатируемое с 1963 г, состояло из насыпной пионерной дамбы из суглинистых грунтов с прикрытием из гравийно-галечникового грунта и намывной части. Намыв хвостов производился “зенитным способом” с дамб вторичного обвалования. Уклон низового откоса равнялся 1:3,5. Высота хвостохранилища к моменту аварии составляла от 15 до 20 м. Объем уложенных хвостов составлял 32 млн м³, из них в прудковой зоне было 19 млн м³. Средняя глубина воды в отстойном пруде была 1,5 м. Намывные хвосты содержали 65...70 % частиц диаметром менее 74 мкм. Интенсивность намыва составляла в среднем 1,6...1,7 м в год.

22 апреля на откосе южной дамбы хвостохранилища был обнаружен перелив воды прудка через гребень дамбы. Попытки заделать брешь мешками с песком, засыпкой бульдозером ни к чему не привели. Примерно через 1 час в теле дамбы был промыт проран шириной 8...10 м и глубиной почти до основания дамбы. Траншея уходила вглубь пляжа на 20 м от гребня. В это время прошел максимальный расход потока, составлявший по оценочным расчетам около 700...750 м³/с. В дальнейшем глубина потока в проране постепенно уменьшалась и через сутки расход, по словам очевидцев, составлял около 15 м³/с, а через двое суток – всего 5...6 м³/с. По следам, оставленным потоком, на здании пульпонасосной станции, рас-

положенной примерно в 80 м от места аварии, максимальная высота потока была равна 1,0...1,5 м.

На рис.1 показан ситуационный план хвостохранилища с прилегающей к нему местностью. На нем нанесены контуры размыва грунта и границы зоны затопления. На сечениях I – I и II – II даны поперечные разрезы по прорану.



*Рис.1. Ситуационный план хвостохранилища, прилегающей местности и поперечные разрезы прорана после аварии 1977 года:
1 – зона движения потока; 2 – аул; 3 – ботанический сад.*

На рис.2 приведена фотография хвостохранилища, из которого вытекла вода и часть грунта из пляжной зоны, вымытого потоком. Геодезическими замерами было установлено, что при аварии из хвостохранилища вытекло 8 млн. м³ воды, 1,2 млн. м³ хвостов и 0,8 млн. м³ насыпного грунта пионерной дамбы и дамб вторичного обвалования.



Рис. 2. Вид на хвостохранилище после аварии с высоты птичьего полета.

На рис. 3 хорошо виден проран, который поток размыл в теле дамбы. Окончательные размеры прорана составили: глубина 16 м до основания дамбы, ширина по гребню дамбы около 120 м и максимальная длина вглубь пляжа примерно 800 м при средней глубине 6 м.

Вытекающим потоком были затоплены пульпонасосная станция, насосная оборотного водоснабжения, разрушено 300 м пульповода, нарушены две линии электропередачи. Как видно на рис. 1 преградой на пути движения потока явилась насыпь железной дороги, вдоль которой поток двигался до реки Кара-Кенгир.

В результате аварии произошло загрязнение химически вредными веществами прилегающей к хвостохранилищу местности и реки Кара-Кенгир на значительном расстоянии. Общий материальный ущерб, включающий стоимость на восстановительные работы и потери выпуска металла в ценах 1970 года составил 600 тыс. рублей. Основными причинами аварии являлись дополнительный сброс в хвостохранилище стоков медного

завода, отсутствие должного контроля за состоянием хвостохранилища и нарушение технологии намыва. Нарушение технологии намыва заключалось в замене рассредоточенного намыва на сосредоточенный из труб большого диаметра, что вызывало образование длинных пляжей с уклонами от 0,002 до 0,001. При подъеме горизонта воды в отстойном пруде на 1 м урез воды приближался к гребню дамбы на 500...1000 м, что и вызвало перелив воды в пониженном месте и размыв прорана. Переход на сосредоточенный намыв был вызван отсутствием запорной арматуры на выпусках пульпы, что привело к нерегулируемому намыву.



Рис. 3. Вид на проран после аварии.

После выполнения восстановительных работ намыв стал производиться рассредоточенным способом через 40...60 одновременно работающих выпусков диаметром 150 мм, что дало возможность увеличить уклоны пляжа до 0,02...0,01 и превышение гребня намывного пляжа над горизонтом воды в пруде до 2,5...3,0 м.

Таким образом хвостохранилище намывалось с 1978 до середины 1990 гг. В 1996 году при обследовании объектов хвостового хозяйства было установлено, что техническое состояние хвостохранилища вызывает опасение. Так, вследствие отсутствия пережимных клапанов на выпусках, намыв производился нерегулярно, выпуска замывались хвостами, длина пляжей увеличилась до 750 м, их уклоны уменьшились до 0,003. Нарботка землесосов при нормативной в 1400 часов составляла:

- для первой нитки распределительного пульповода – 980 часов,
- для второй нитки – 130 часов,
- третья нитка находилась в ремонте,
- четвертой нитки – 2120 часов.

Обратные клапаны для исключения гидравлических ударов при остановке землесосов отсутствовали.

На основании обследования сделаны следующие выводы:

- отсутствие резерва и необходимой арматуры может вызвать остановку пульпонасосной станции или разрыв разделительного пульповода;
- отставание с возведением до 1 км строительства дамбы вторичного обвалования и замыв намывных выпусков может привести к переливу воды отстойного пруда через гребень дамбы;
- новый коллектор от водоприемного колодца №2, уложенный на хвостовые отложения пляжной зоны без предварительного уплотнения основания, может получить недопустимые деформации под действием неравномерной нагрузки и возможного динамического воздействия.

Все эти обстоятельства привели в ноябре 1998 г. к новой аварии, образованию прорана, выносу из оградительной дамбы и отложений хвостохранилища около одного миллиона м³ насыпных грунтов и хвостов.

Общие выводы

1. В результате анализа большинства катастрофических аварий выявлены характерные особенности процессов разрушения хранилищ.
2. Анализ аварий, произошедших на хвостохранилище Жезказганского ГМК, показал, что они произошли по вине работников персонала, не обеспечивших замену или своевременный ремонт устаревшего оборудования. Об этом говорит частота аварий: от начала эксплуатации до аварии 1977 года прошло 15 лет и от восстановления хвостохранилища до аварии 1998 года – 20 лет.
3. Возникновению аварийных ситуаций способствовало отсутствие должного геотехнического контроля за состоянием хвостохранилища и мониторинга за работой оборудования хвостового хозяйства.
4. Аварии можно было бы предупредить при надежном и своевременном обеспечении оборудованием и аппаратурой цеха хвостового хозяйства и постоянным мониторингом за его работой.
5. Для обеспечения геотехнической и экологической безопасности эксплуатации хвостового хозяйства Жезказганского ГМК можно рекомендовать создание группы геотехнического контроля и мониторинга в

составе обогатительной фабрики №1 и №2 или на комбинате и обеспечить ее необходимым оборудованием и приборами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трунков Г.Т., Колпачкова А.Б. Обеспечение эксплуатационной надежности хвостохранилищ. //Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды. / Межвузовский сборник – Л: 1985. – Вып. 8. С. 62-64.
2. Трунков Г.Т., Шинтемиров А.М. Анализ гидродинамических аварий на хвостохранилище Жезказганского горно-металлургического комбината // В сб.: Наука и новые технологии в энергетике. Материалы международной научно-технической конференции. – Павлодар. – 2002. – С. 373-377.

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

«НІРКЕСІПТІН ҚАТТЫ ЖЕНЕ СҰЙЫҚ ҚОҚЫСТАРДЫ САҚТАЙТЫН ҚОЙМАЛАРДЫН АПАТҚА ҰШЫРАУ ПРОЦЕСТЕРІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Техн. ғылымд. канд. М.А. Шыңтеміров

Бұл мақалада мiркесiптiң қатты және сұйық қоқыстарды сақтайтын қоймалардың апатқа ұшырау процестерiнiң ерекшелiктерi қарастырылған және Жезқазған тау металлургия комбинатының қоқыстарды сақтайтын қоймалардығы апатты зерттеу қорытындысы келтірген.