

## Лекция 11

### ХВОСТОВОЕ ХОЗЯЙСТВО

#### 1. Общие сведения

Хвосты представляют собой мелкие частицы песка, пустой породы и малоценной руды, получающиеся в результате переработки полезных ископаемых (дробления, измельчения, классификации, флотации, магнитной сепарации и др.). Хвосты подразделяют на мокрые и сухие, к которым относят также крупные обезвоженные хвосты мокрого обогащения. Твердая фаза хвостовой пульпы состоит из частиц различного размера, а жидкая фаза — из воды, остатков флотационных реагентов и нефтепродуктов, применяемых для смазки оборудования обогатительных фабрик.

Комплекс сооружений и оборудования, предназначенных для транспортирования, укладки хвостов и оборотного водоснабжения обогатительной фабрики, называется хвостовым хозяйством.

Рациональное размещение сооружений хвостового хозяйства предусматривает соответствующую защиту окружающей среды, наименьшую стоимость строительства, удобство эксплуатации и, в конечном счете, наименьшую стоимость выпускаемой обогатительной фабрикой продукции.

Площадка под хвостохранилище выбирается на основании изучения материалов топографических, инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий. В зависимости от близости расположения хвостохранилища к населенным пунктам и наличия в хвостовой пульпе вредных реагентов радиус гидрогеологических исследований увеличивается до 5 км от границ хвостохранилища.

Хвостовые хозяйства различают по следующим признакам: по характеру материала — для мокрых хвостов, для сухих и обезвоженных хвостов; по способу компоновки — высотные, образуемые на ровной местности, глубинные, использующие овраги, балки, долины, заброшенные карьеры и другие естественные углубления; по способу транспортирования —

конвейерные, рельсовые, с подвесными канатными дорогами, с автомобильным транспортом, с гидравлическим транспортом; по форме штабеля — плоские, хребтовые, конические, коноидальные.

## 2. Укладка мокрых хвостов

Укладка мокрых хвостов обогатительных фабрик производится в естественные или искусственные водоемы — хранилища. В качестве естественных хвостохранилищ можно использовать огражденные участки природных водоемов (озер, рек и т. п.). Искусственные хвостохранилища сооружают, ограждая земную поверхность дамбами, обваловывая или перегораживая балки, овраги, речные долины.

Место расположения хвостохранилища должно обеспечивать необходимую вместимость для укладки хвостов в течение заданного срока эксплуатации.

Необходимая вместимость  $V [м^3]$  хвостохранилища

$$V = \frac{Qn}{\rho(1-m)},$$

где  $Q$  — масса укладываемых хвостов за год, т;  $n$  — число лет эксплуатации обогатительной фабрики;  $\eta$  — коэффициент заполнения хвостохранилища;  $\rho$  — плотность твердой фазы хвостов, т/м<sup>3</sup>;  $m=0,38-0,5$  — пористость отложений хвостов, зависящая от их крупности.

Коэффициент заполнения хвостохранилища в зависимости от его вместимости колеблется от 0,75 (при вместимости меньше 1 млн. м<sup>3</sup>) до 0,9 (при вместимости больше 30 млн. м<sup>3</sup>).

Выбор способа транспортирования и укладки хвостов зависит от количества хвостов, их физических свойств, рельефа местности и расстояния от обогатительной фабрики до хвостохранилища.

Существуют три способа заполнения хвостохранилищ: «от плотины к берегам», «от берегов к плотине» и комбинированный.

При способе «от плотины к берегам» (рис. 1,а) хвосты обогатительной фабрики 4 по магистральному трубопроводу 3 подаются к распределительному пульпопроводу 2, уложенному вдоль гребня плотины I. Распределительный пульпопровод имеет отверстия, из которых пульпа поступает в хвостохранилище. Твердые частицы пульпы выпадают на дно хвостохранилища, образуя конус отложения. Постепенно вершина конуса доходит до устья выпусков и из отложившихся хвостов создается откос (пляж), поверхность которого выше уровня воды хвостового пруда.

Распределительный пульпопровод поднимается ' и горизонт воды в хвостохранилище повышается.

Основные преимущества такого способа: большая часть поверхности отложений находится под водой, что значительно уменьшает пылеобразование в летнее время; возможность наращивания различных частей плотины из хвостов необходимой крупности.

При способе «от берегов к плотине» (рис. 1,б) распределительный пульпопровод 2 укладывается на значительном расстоянии от уровня воды в хвостохранилище. Пульпа из выпускных отверстий сбрасывается на естественную поверхность, имеющую уклон, и стекает к воде, образуя пляж

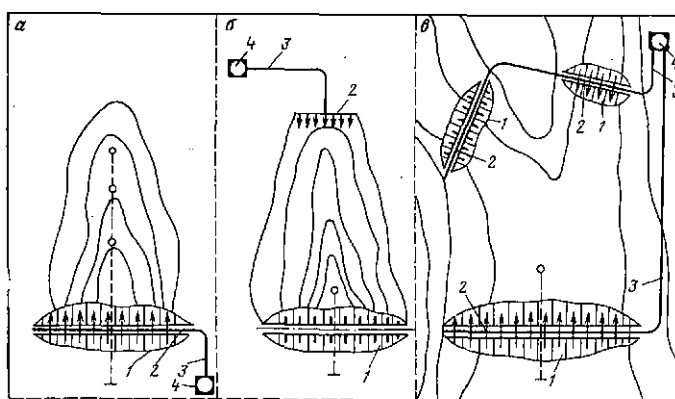


Рис. 1. Схемы заполнения хвостохранилищ

из твердых частиц хвостов. По мере достижения отложениями хвостов выпускных отверстий пульпопровода последний поднимается и происходит намыв следующего слоя хвостов; горизонт воды в хвостохранилище остается на прежнем уровне. Преимущество такого способа — максимальное

использование рельефа местности для укладки хвостов без повышения высоты плотины. Недостатки: необходимость возведения первоначальной плотины на высоту, обеспечивающую вместимость хвостохранилища на весь период эксплуатации обогатительной фабрики; трудность эксплуатации в зимнее время вследствие образования наледей; пыление хвостов в летнее время.

Этот способ заполнения хвостохранилищ применяется сравнительно редко при наличии специального обоснования в проекте.

Комбинированный способ заполнения хвостохранилищ (рис. 1, в) применяют, если крупные фракции хвостов используются для намыва дамбы, а мелкие сбрасываются в хвостохранилище у берегов. С этой целью у места устройства плотины магистральный хвостопровод разветвляется: одна ветка направляется на плотину, вторая укладывается вдоль берега хвостохранилища. Крупные частицы пульпы, перемещающиеся в нижней части сечения магистрального трубопровода, попадают в хвостопровод, направленный на плотину. Этот хвостопровод помещается ниже магистрального и соединяется с ним вертикальными патрубками, на которых установлены дроссельные затворы для регулирования расхода пульпы.

В некоторых случаях применяют раздельное транспортирование хвостов различных фракций от обогатительной фабрики до хвостохранилища.

В последнее время находят применение хвостохранилища с центральной

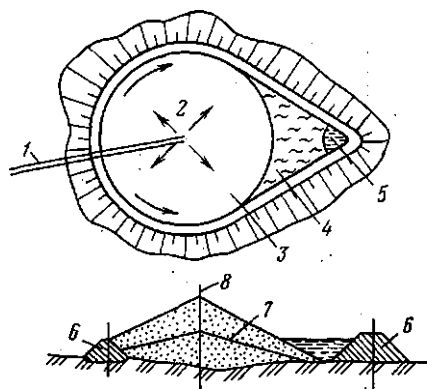


Рис. 2. Схема хвостохранилища при центральной подаче сгущенных хвостов:

1 — разводящий пульпопровод; 2 — выпуски; 3 — хвосты; 4 — отстойная зона; 5 — осветленная вода; 6 — ограждающая дамба; 7 — промежуточное положение откоса; 8 — ось конуса хвостов

подачей сгущенных хвостов (рис. 2). При размещении хвостохранилища на равнине вокруг отведенной для складирования территории сооружается невысокая дамба. Сгущенные хвосты подаются в центральную часть территории на небольшой высоте над поверхностью земли и постепенно образуют пологий конус, центральная часть которого состоит преимущественно из крупных фракций, а периферия — из более мелких. Когда вершина конуса достигнет точки подачи хвостов, разводящий пульпопровод приподнимают, а процесс наращивания конуса продолжается. При такой схеме заполнения необходимо, чтобы содержание твердого в пульпе составляло не менее 30%. Это обеспечит образование конуса с уклоном откосов 5—6%. В начале заполнения плотность хвостов должна быть невысокой, чтобы площадь образовавшегося конуса имела достаточные размеры. Это позволяет отдалить срок первого повышения отметки разводящего пульпопровода.

Данная схема позволяет значительно уменьшить строительный объем ограждающей дамбы, а также отказаться от высоких колодцев для забора осветленной воды. Требуемая для такого хвостохранилища площадь может оказаться меньше, чем для хвостохранилищ традиционного типа, так как к моменту заполнения оно представляет собой высокий конус, вершина которого находится значительно выше ограждающей дамбы.

Недостатки способа: невозможность применения при значительных объемах складирования, повышенных требованиях к качеству оборотной воды, высокой крупности материала; необходима разработка специальных мероприятий по предотвращению чрезмерного загрязнения воздушного бассейна пылящими частицами хвостов, намытых в конус.

### **3. Основные сооружения хвостового хозяйства**

В состав хвостового хозяйства обогатительной фабрики входят следующие основные сооружения: плотины (насыпные и намывные) и дамбы

обваловывания; водосбросные сооружения; дренажные устройства; насосные станции оборотного водоснабжения; сооружения для химической

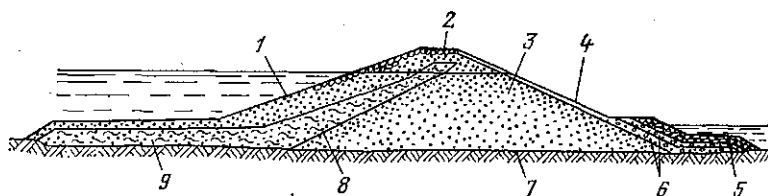


Рис. 3. Профиль насыпной плотины

очистки осветленной воды; пульпонасосные станции и пульпопроводы.

*Плотины и дамбы.* Хвостохранилища сооружают в две очереди: I—устройство насыпных плотин и дамб обваловывания; II — устройство намывных плотин из хвостов.

Насыпная плотина (рис.3) состоит из следующих основных элементов:

тело 3 плотины — искусственно образованная насыпь, ограниченная гребнем, подошвой и откосами плотины;

гребень 2 плотины — горизонтальная плоскость, ограничивающая тело плотины сверху;

подошва 7 плотины — поверхность сопряжения тела плотины с ее естественным основанием;

верховой откос 1 плотины — откос со стороны хвостового пруда;

низовой откос 4 плотины — откос с противоположной стороны плотины;

водоупорные части тела плотины (экран 8, понур 9) —противофильтрационные устройства, предназначенные для ослабления фильтрации через тело плотины и ее основание;

дренажные устройства — дренажная призма 5 и двухслойный обратный фильтр 6, предназначенные для предупреждения выхода фильтрующих вод непосредственно на низовой откос плотины выше ее подошвы.

*Водосбросные сооружения* предназначены для отвода из хвостохранилища осветленных и приточных с поверхности водосбросного бассейна

(паводковых и ливневых) вод и для полного (или частичного) опоражнивания хвостохранилища.

Конструкция водосбросных сооружений должна предусматривать возможность отвода воды с различных отметок горизонта,, так как уровень воды в хвостохранилище непрерывно повышается. Применяются водоприемники шахтного типа, которые располагаются в хвостохранилище таким образом, чтобы в любой момент эксплуатации расстояние от места выпуска пульпы до места слива осветленной воды было достаточным для выпадения твердых частиц хвостов на дно хвостохранилища.

*Дренажные устройства* предназначены для предупреждения выхода фильтрующих вод непосредственно на низовой откос плотины выше ее подошвы, а также для защиты от заболачивания территорий, прилегающих к хвостохранилищу. Для этой цели в низовом откосе плотины устраивают дренажные призмы из камня. Дренажи оборудуют обратными фильтрами для предотвращения выноса мелких частиц грунтов из тела плотины и ее основания. Обратные фильтры в зависимости от грунтов основания и тела плотины могут состоять из слоев песка, гравия и гальки различных фракций.

*Насосные станции обратного водоснабжения* предназначены для возврата осветленной воды на обогатительную фабрику. Эти насосные станции бывают нескольких типов: стационарные и передвижные береговые; плавучие; расположенные у низового откоса плотины.

#### **4. Транспортирование и укладка хвостов в отвал**

*Транспортирование* мокрых хвостов осуществляется от обогатительной фабрики до естественного или искусственного хвостохранилища, где происходит осаждение твердой фазы.

Выбирая систему гидравлического транспорта, необходимо учитывать следующие основные факторы: рельеф местности; перепад абсолютных отметок начала и конца хвостопровода **и** его протяженность; гидравлический уклон для транспортирования пульпы заданной консистенции с заданной плотностью **и** гранулометрическим составом.

Возможность использования различных систем гидравлического транспорта хвостов применительно к заданным условиям необходимо рассматривать в следующей последовательности: безнапорная; напорно-самотечная; напорно-принудительная; смешанная. Выбирая систему гидротранспорта, следует прежде всего ориентироваться на применение безнапорной и напорно-самотечной системы транспортирования хвостов.

*Гидравлическая укладка* хвостов в хвостохранилище по способу «от плотины к берегам» осуществляется двумя способами: одноэтажным и многоэтажным.

При одноэтажном способе заполнения хвостохранилища плотина намывается непрерывно (за исключением зимнего периода при отрицательной температуре воздуха) - на полную высоту, обеспечивающую вместимость хвостохранилища на весь проектный срок эксплуатации обогатительной фабрики, после чего производится постепенное заполнение хвостового пруда.

При многоэтажном способе плотину намывают периодически по мере заполнения хвостохранилища до определенной отметки (меньшей, чем отметка, обеспечивающая необходимую вместимость хвостового пруда на весь проектный срок эксплуатации фабрики). После заполнения хвостохранилища до этой отметки намывают плотину до следующей запланированной отметки, достигнув которой, приступают к заполнению созданной емкости. Операции по намыву плотины и заполнению хвостохранилища периодически повторяются.

## **5. Укладка сухих и обезвоженных хвостов**

Выбор способа компоновки хвостохранилища (отвала) и транспортирования сухих хвостов зависит от их количества, физических свойств, рельефа местности и расстояния от обогатительной фабрики.

Отвалы сухих хвостов — источники загрязнения воздушного бассейна, пожаро- и взрывоопасны. Поэтому размещать их целесообразно вне



территории обогатительной фабрики и населенных пунктов. Если это сделать трудно, то при выборе площадки для отвала минимальные разрывы между отвалами породы и гражданскими и промышленными сооружениями должны быть не менее: до населенного пункта 500 м, до линии электропередачи напряжением 3—6 кВ—100 м, 35 кВ и выше — 300 м, до административных зданий 50 м, до вспомогательных зданий и сооружений 20 м.

Способ транспортирования и укладки хвостов выбирают на основе технико-экономического сравнения возможных вариантов с учетом охраны окружающей среды и увязкой с существующей и проектируемой застройкой данного района.

*Конвейерные отвалы* оборудованы ленточными конвейерами: стационарным, подающим хвосты от фабрики до подножья отвала конусообразной формы; передаточным, перегружающим хвосты со стационарного на головной конвейер; головным, транспортирующим хвосты по отвалу на укладку. Головной конвейер оборудован телескопическим устройством для удлинения его по мере заполнения отвала; он может быть выполнен в виде поворотной консоли с вылетом до 30—40 м и углом поворота в плане до  $120^\circ$ . Угол подъема передаточных и головного конвейеров до  $20^\circ$ .

Отвалы этого типа обладают большой производительностью. Недостаток — сложность обслуживания.

*Рельсовые отвалы* конусообразной формы (терриконы) оборудованы одно- или двухколейными путями, по которым в саморазгружающихся вагонетках или скипах транспортируются хвосты. Грузенные сосуды канатной откаткой поднимаются по рельсовому пути на вершину отвала и разгружаются опрокидыванием вперед на передвижной ферме. Угол наклона рельсовых путей на отвале  $20\text{—}30^\circ$ ; угол, образованный свободно скатывающейся породой,  $40\text{—}45^\circ$ .

Откаточные сосуды загружают автоматически из бункеров, вместимость которых рассчитана на объем хвостов, получаемых за смену, минимально — на 2—3 ч работы обогатительной фабрики.

Производительность откатки составляет: при однорельсовом пути 5—18 м<sup>3</sup>/ч, при двухрельсовом—15—55 м<sup>3</sup>/ч. По мере заполнения отвала концевая ферма передвигается вперед с помощью домкрата или лебедки.

Отвалы такого типа применяют в условиях горизонтальной площадки отвала и при расположении его на расстоянии от фабрики не далее 700 м.

Достоинство рельсовых отвалов: простота конструкции, малые капитальные затраты; небольшая занимаемая площадь. Недостатки — трудоемкость работ по поддержанию рельсового пути и передвижки разгрузочных ферм.

*Отвалы, оборудованные подвесными канатными дорогами*, могут быть: конусообразными (рис. 4, а) — при одной концевой мачте; штабельными (рис. 4,б)—при нескольких мачтах с размещением штабелей в пролетах между ними; секторными (рис. 4, в) —при передвижении концевой мачты по дуговому рельсовому пути.

Достоинства и недостатки отвалов этого типа определяются достоинствами и недостатками подвесных канатных дорог. При большом расстоянии и сильнопересеченной местности отвалы такого типа являются наиболее экономичными, несмотря на большие капитальные затраты на сооружение высоких стальных мачт.

При транспортировании хвостов в отвалы в опрокидных *железнодорожных вагонах (думпкарах) и автосамосвалах* образуются плоские отвалы (рис. 5), расположенные на наклонной площадке. Хвосты доставляют по рельсовому пути или дороге, первоначально уложенным на небольшой насыпи, что создает некоторый начальный откос, сбрасывают под откос и разравнивают бульдозерами. Отсыпав хвосты по всему фронту, путь или дорогу передвигают к бровке откоса и цикл отсыпки повторяют.

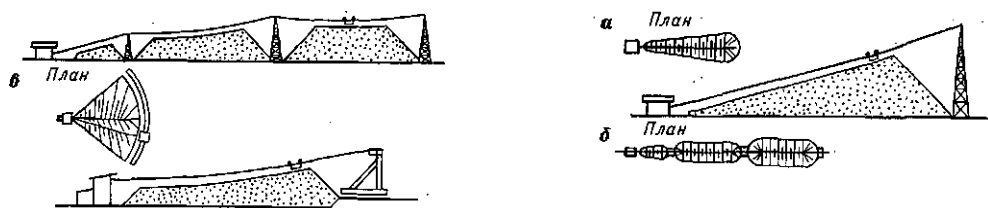


Рис. 4. Схемы образования отвалов хвостов с помощью подвесных канатных дорог

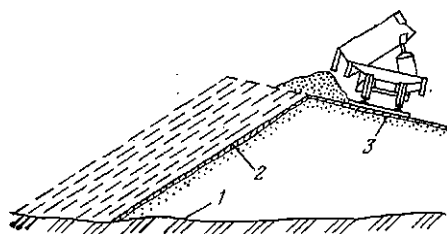


Рис. 5. Образование плоского отвала:

- 1 — линия начальной поверхности; 2 — начальный откос;  
3 — начальная насыпь