

Таблица 5

Номограмма максимально допустимой статической нагрузки на высушенные гранулы, полученные с применением водного раствора медного купороса и лигносульфоната, обеспечивающей выход мелочи не более 5%

τ_C		5					10					15					20					25				
γ_Λ	$\frac{d}{d_c}$	5	7	9	11	13	5	7	9	11	13	5	7	9	11	13	5	7	9	11	13	5	7	9	11	13
1,02	80	0,124	0,149	0,159	0,156	0,139	0,156	0,187	0,201	0,197	0,175	0,184	0,221	0,237	0,233	0,208	0,203	0,244	0,262	0,257	0,229	0,210	0,252	0,271	0,265	0,227
	100	1,120	1,346	1,445	1,417	1,263	1,413	1,697	1,822	1,788	1,592	1,671	2,008	2,156	2,115	1,884	1,841	2,213	2,376	2,331	2,075	1,903	2,287	2,456	2,409	2,145
	120	1,845	2,278	2,445	2,399	2,136	2,390	2,872	3,084	3,025	2,694	2,827	3,398	3,649	3,578	3,187	3,115	3,744	4,019	3,943	3,512	3,219	3,870	4,155	4,075	3,629
	150	2,642	3,175	3,410	3,345	2,979	3,333	4,005	4,300	4,218	3,756	3,942	4,738	5,087	4,990	4,444	4,344	5,220	5,606	5,498	4,897	4,489	5,395	5,793	5,682	5,060
	180	2,891	3,475	3,731	3,660	3,259	3,647	4,382	4,705	4,616	4,111	4,314	5,185	5,567	4,467	4,863	4,753	5,712	6,134	6,016	5,359	4,913	5,904	6,339	6,218	5,538
1,04	80	0,109	0,131	0,141	0,138	0,123	0,138	0,165	0,177	0,174	0,155	0,163	0,195	0,210	0,206	0,183	0,179	0,216	0,231	0,227	0,202	0,185	0,223	0,239	0,235	0,209
	100	0,989	1,188	1,276	1,252	1,115	1,247	1,499	1,609	1,578	1,406	1,475	1,773	1,904	1,867	1,663	1,626	1,954	2,098	2,058	1,833	1,680	2,020	2,168	2,127	1,893
	120	1,673	2,011	2,159	2,118	1,887	2,110	2,536	2,724	2,672	2,379	2,496	3,000	3,221	3,160	2,815	2,751	3,306	3,549	3,482	3,101	2,843	3,417	3,668	3,598	3,204
	150	2,333	2,804	3,011	2,954	2,606	2,943	3,537	3,797	3,724	3,317	3,481	4,183	4,492	4,406	3,923	3,835	4,609	4,949	4,855	4,324	3,964	4,764	5,115	5,017	4,468
	180	2,553	3,069	3,295	3,231	2,878	3,220	3,870	4,155	4,075	3,630	3,809	4,578	4,915	4,821	4,294	4,197	5,044	5,416	5,313	4,731	4,338	5,213	5,597	5,491	4,890
1,06	80	0,104	0,125	0,134	0,131	0,118	0,131	0,158	0,170	0,167	0,149	0,156	0,187	0,200	0,197	0,175	0,171	0,206	0,221	0,216	0,193	0,177	0,213	0,228	0,224	0,200
	100	0,946	1,136	1,220	1,196	1,066	1,192	1,433	1,539	1,509	1,344	1,411	1,695	1,820	1,786	1,589	1,554	1,867	2,005	1,967	1,751	1,606	1,930	2,073	2,033	1,810
	120	1,600	1,922	2,064	2,025	1,804	2,017	2,425	2,603	2,554	2,274	2,387	2,868	3,079	3,021	2,690	2,630	3,160	3,393	3,329	2,965	2,718	3,266	3,507	3,440	3,064
	150	2,230	2,681	2,878	2,823	2,515	2,813	3,381	3,630	3,560	3,171	3,327	4,000	4,294	4,211	3,751	3,666	4,407	4,731	4,641	4,133	3,789	4,554	4,890	4,796	4,271
	180	2,441	2,933	3,149	3,090	2,752	3,078	3,700	3,972	3,896	3,469	3,641	4,376	4,724	4,609	4,104	4,012	4,822	5,177	5,078	4,523	4,146	4,984	5,351	5,248	4,674
1,08	80	0,109	0,131	0,141	0,138	0,123	0,138	0,165	0,177	0,174	0,155	0,163	0,195	0,210	0,206	0,183	0,179	0,216	0,231	0,227	0,202	0,185	0,223	0,239	0,235	0,209
	100	0,989	1,188	1,276	1,252	1,115	1,247	1,499	1,609	1,578	1,406	1,475	1,773	1,904	1,867	1,663	1,626	1,954	2,098	2,058	1,833	1,680	2,020	2,168	2,127	1,893
	120	1,673	2,011	2,159	2,118	1,887	2,110	2,536	2,724	2,672	2,379	2,496	3,000	3,221	3,160	2,815	2,751	3,306	3,549	3,482	3,101	2,843	3,417	3,668	3,598	3,204
	150	2,333	2,804	3,011	2,954	2,606	2,943	3,537	3,797	3,724	3,317	3,481	4,183	4,492	4,406	3,923	3,835	4,609	4,949	4,855	4,324	3,964	4,764	5,115	5,017	4,468
	180	2,553	3,069	3,295	3,231	2,878	3,220	3,870	4,155	4,075	3,630	3,809	4,578	4,915	4,821	4,294	4,197	5,044	5,416	5,313	4,731	4,338	5,213	5,597	5,491	4,890
1,09	80	0,115	0,138	0,148	0,146	0,130	0,145	0,174	0,187	0,184	0,163	0,171	0,206	0,222	0,218	0,193	0,189	0,227	0,244	0,239	0,213	0,195	0,235	0,252	0,247	0,221
	100	1,043	1,254	1,347	1,321	1,177	1,316	1,582	1,698	1,666	1,484	1,557	1,871	2,009	1,970	1,755	1,715	2,061	2,214	2,171	1,934	1,773	2,131	2,288	2,244	1,999
	120	1,765	2,122	2,279	2,235	1,990	2,227	2,676	2,874	2,819	2,511	2,634	3,166	3,399	3,334	2,970	2,903	3,485	3,745	3,674	3,273	3,000	3,605	3,871	3,797	3,381
	150	2,462	2,959	3,177	3,117	2,776	3,105	3,732	4,006	3,930	3,500	3,673	4,415	4,740	4,650	4,140	4,047	4,864	5,223	5,123	4,562	4,183	5,207	5,398	5,295	4,715
	180	2,694	3,238	3,476	3,410	3,037	3,398	4,084	4,385	4,301	3,830	4,020	4,831	5,187	5,088	4,531	4,429	5,322	5,715	5,606	4,993	4,577	5,501	5,907	5,794	5,159

Однако, несмотря на это, использование медного купороса в качестве добавки к водному раствору лигносульфоната позволяет снизить его плотность с 1,09 до 1,02 т/м³, благодаря чему сокращается расход порошкообразного лигносульфоната на грануляцию. Что же касается допустимых статических нагрузок на гранулы, то необходимо таким образом организовать хранение гранул в бункерах, чтобы их величина не превышала значений, указанных в номограмме. Таким образом, результаты проведенных экспериментов показали целесообразность использования медного купороса при грануляции медного концентрата.

Список литературы

1. Инновационный патент Республики Казахстан № 20990. Способ подготовки сульфидных концентратов меди и свинца к обжигу. Опул. 16.03.2009. Бюл. № 3.
2. Малышев В.П., Телешев К.Д., Нурмагамбетова А.М. Разрушаемость и сохранность конгломератов. Алматы: НИЦ «Гылым», 2003. 336 с.
3. Малышев В.П. Математическое планирование металлургического и химического эксперимента. Алма-Ата: Наука, КазССР, 1977. 37 с.

Bibliography

1. Innovation patent № 20990 of Republic of Kazakhstan. The method of preparation of sulphide copper and lead concentrate to roasting process. Published by bulletin № 3. 16.03.2009.
2. Malyshev V.P., Teleshev K.D., Nurmagametova A.M. Preservation and destructivity of conglomerates. Almaty: SSC «Gylym», 2003. 336 p.
3. Malyshev V.P. Mathematical design of metallurgical and chemical experiments. Alma-Ata: Nauka, KazSSR, 1977. 37 p.

УДК 622.271:6.002.68:622'17

Мельников И.Т., Кутлубаев И.М., Голяк С.А., Суров А.И., Мельников И.И., Васильев К.П.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ НАМЫВНЫХ ХВОСТОХРАНИЛИЩ

Сооружение горизонтальных трубчатых дренажей на границе пляжной и прудковой зон и учет неоднородного строения площади фильтрации и экранирующего эффекта донных отложений в области питания позволяют увеличивать вместимость намывных хвостохранилищ и сокращать площади для складирования отходов горно-обогатительного производства.

Ключевые слова: хвостохранилище, горно-обогатительное производство, донные отложения, фильтрация, дренаж.

Building of horizontal piping drainage systems on the border of beach and pond zones, accounting heterogeneous structure area of seepage and screeneffect of pond's sedimentation in the feed's place is giving possibility to increase capacity of tail's storage and to reduce the area of earth for mining wastes.

Key words: tail-storing, mining-concentrating combine, pond's sedimentation, filtering, drainage.

Мировая практика железорудной промышленности в настоящее время характеризуется тем, что практически все объемы добываемой руды подвергаются последующей переработке. Ведущие зарубежные компании

обеспечивают повышение содержания железа в концентрате с помощью специальных методов доводки – тонкое грохочение, флотация, дешламация и комбинирование этих методов. В России самый распространенный

способ обогащения сырой руды включает процессы дробления и более тонкого измельчения с последующей мокрой магнитной сепарацией в комплексе с дешламацией. Содержание железа в российских рудах в 1.5-1.7 раза ниже (35 против 60%), чем на месторождениях ведущих рудодобывающих стран, формирующих цены мирового рынка: Австралии, Бразилии, США, Канады. Это обуславливает выход больших объемов отходов обогащения и в общей сложности в хвостохранилищах РФ, включая золоотвалы и шламохранилища, заскладировано более 6 млрд м³ техногенных пород.

Снижение качества исходной руды предопределяет необходимость опережающего увеличения добычи железной руды, а потребность металлургического передела в более высококачественном сырье диктует необходимость глубокого обогащения сырой руды. Две устойчивые тенденции развития железорудного горно-металлургического комплекса – снижение содержания железа в сырой руде и его повышение в товарной руде при общем росте производства обуславливают прогрессирующий выход отходов обогащения. Годовой выход хвостов только железных руд оценивается в 150-180 млн т, и этот показатель неуклонно растет [1].

Большинство железорудных комбинатов и рудоуправлений работают более 30-50 лет. В период 1991–2004 гг. в связи с острым недостатком финансовых ресурсов среднегодовые инвестиции по сравнению с необходимыми сократились в 4 раза. Потребности металлургии и экспорта обеспечивались за счет отработки ранее подготовленных запасов. По этой причине за последние 15-20 лет на территории России не было введено в эксплуатацию ни одного нового хвостохранилища. По данным Ростехнадзора РФ, в настоящее время в эксплуатации находятся около 300 хвостохранилищ, при этом более 180 из них – в аварийном состоянии [2, 3].

В работе [4] авторы приводят классификацию техногенных месторождений, к которым относятся все хвостохранилища, по отношению к уровню земной поверхности:

- *подземные* – отработанные шахты и естественные полости в земной коре;
- *заглубленные* – выработанные пространства отработанных карьеров или поверхности внутренних отвалов, эксплуатируемых разрезов со сплошной системой разработки [8,9];
- *поверхностные (высотные)* – располагаются на земной поверхности и являются наиболее распространенными в практике ведения горных работ.

Поверхностные или высотные хвостохранилища подразделяются:

- по способу возведения ограждающих дамб на намывные (бесплотинные)
- и наливные (плотинные);
- по способу заполнения хвостохранилища на «от плотины к берегам» и «от берегов к плотине»;
- по рельефу местности на равнинные, косогорные, пойменные, котлованные овражно-балочные и овражно-равнинные.

Хвостохранилища наливного типа имеют ряд недостатков:

- большие первоначальные капитальные затраты по возведению на проектную высоту ограждающих дамб, как правило из привозного материала, и на сооружение полного комплекса дренажных систем на весь срок службы эксплуатации хвостохранилища;
- значительные эксплуатационные затраты в связи с повышенным расходом электроэнергии, обусловленные необходимостью подъема всего объема перерабатываемой пульпы до проектной высоты.

Поэтому в практике строительства и эксплуатации хвостохранилищ наиболее предпочтительным является намывной тип, требующий меньших капитальных и эксплуатационных затрат.

С целью снижения экологической нагрузки на окружающую природу на всех горно-обогатительных комбинатах организован замкнутый цикл водоснабжения. Прудки-отстойники предназначены для осветления оборотной воды с последующей её перекачкой на обогатительные фабрики. В то же время прудки-отстойники являются источниками загрязнения поверхностных и подземных вод, обводнения ограждающих дамб, снижения их устойчивости и, как следствие, снижения вместимости хвостохранилищ и необходимости отторжения дополнительных площадей для строительства новых накопителей промышленных стоков. В отечественной и зарубежной практике эксплуатации хвостохранилищ разработаны различные способы противодиффузионной защиты, реализованные в виде экранов различных конструкций, противодиффузионных завес, дренажных устройств, а также их комбинации.

Одними из наиболее распространённых и дешёвых дренажных систем являются многоярусные горизонтальные трубчатые дренажи (ГТД), которые возводятся по мере наращивания хвостохранилищ. Однако, по мере эксплуатации ГТД, происходит их кольматация пылеватыми фракциями хвостов, отложение солей в фильтрующем слое, механическое разрушение из-за неравномерной деформации хвостовых отложений и, как следствие, снижение водоприёмной способности дрен. Это может привести к выходу фильтрационного потока на внешние откосы ограждающих дамб, их суффозионному разрушению и прорыву воды из прудка-отстойника.

Крупнейшие хвостохранилища Качканарского, Соколовско-Сарбайского и Лисаковского горно-обогатительных комбинатов имеют следующие конструктивные параметры: проектная высота ограждающих дамб принята 40-50 м, высота ярусов – 2-3 м, коэффициент заложения внешнего откоса и пляжа 5-6 и 40-80-соответственно, длина надводного пляжа – 100-1000 м, глубина прудка-отстойника – 3-8 м. Дренажная система состоит из низового дренажа пионерной дамбы и верховых горизонтальных трубчатых дренажей второго, третьего и последующих дренажей (рис. 1). Общее число ярусов горизонтальных трубчатых дренажей составляет 4-5, уложенных вдоль откоса с шагом 6-8 м по вертикали, а их диаметр вместе с обратной обсыпкой не превышает 0.2-1.5 м.

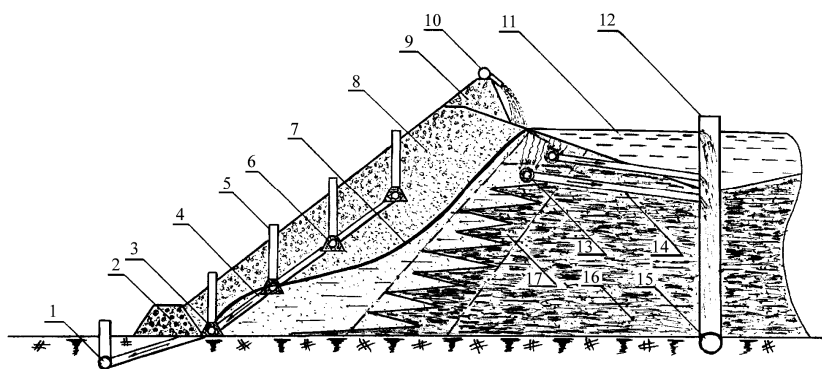


Рис. 1. Основные конструктивные элементы поверхностных намывных хвостохранилищ: 1 – коллектор дренажной воды; 2 – пионерная дамба; 3 – низовой горизонтальный трубчатый дренаж пионерной дамбы; 4 – перепускные трубы дренажных вод верховых дренажей; 5 – смотровые колодцы; 6 – верховые горизонтальные трубчатые дренажи; 7 – депрессионная кривая; 8 – ограждающая дамба; 9 – дамба обвалования; 10 – распределительный пульпопровод с выпусками для рассредоточенного намыва; 11 – прудок-отстойник; 12 – водозаборные сооружения осветленной воды; 13 – горизонтальные трубчатые дренажи на урезе воды прудка-отстойника; 14 – перепускные трубы дренажных вод; 15 – коллектор осветленной воды; 16 – донные отложения; 17 – переходная зона

Анализ многолетнего опыта эксплуатации хвостохранилищ показал, что низовые дренажи работают с подтоплением, то есть не способны перехватывать все количество фильтрующейся воды из прудка-отстойника и наблюдается проскок фильтрационного потока на низовой откос ограждающей дамбы. В условиях вышеперечисленных ГОКов были выполнены исследования на физической модели в масштабе 1:20 (рис. 2, 3).



Рис. 2. Общий вид полупромышленной установки физического моделирования процессов фильтрации в масштабе 1:20

Крупномасштабная полупромышленная установка физического моделирования процессов фильтрации и

работы дренажных систем представляла из себя металлический лоток длиной, высотой и шириной соответственно 40, 4 и 0,5 м, в который намывался фрагмент хвостохранилища. Моделирование процесса намыва позволяло получать строение ограждающих дамб на модели полностью адекватное реальным условиям. Исследования положения кривой депрессии и удельных фильтрационных расходов на модельном лотке давало хорошую количественную и качественную сходимость с результатами наблюдений на эксплуатируемом хвостохранилище. Были выполнены многовариантные исследования эффективности работы дренажей с различным местом заложения и диаметром, что позволяло с высокой степенью надежности прогнозировать состояние ограждающих дамб хвостохранилищ и выбирать рациональную конструкцию дренажных систем.

Выполненные исследования на крупномасштабной установке физического моделирования выявили, что основной причиной неудовлетворительной работы горизонтального трубчатого дренажа 1-й очереди является его диаметр, который во всех случаях был меньше критического. Дренаж 2-й очереди работал не полным и полным сечением в режимах соответственно установившейся и неустановившейся фильтрации во время намыва. Дренажи 3-й очереди в работу не вступали, а «зависали» над кривой депрессии, и сооружение горизонтальных трубчатых дренажей последующих очередей оказывалось бесполезным.



Рис. 3. Процесс намыва ограждающей дамбы хвостохранилища на модельной установке

Это было обусловлено особенностями строения зон питания и фильтрации хвостохранилищ. *Область питания* фильтрационного потока хвостохранилищ отличается от земляных плотин наличием донных отложений со стороны верхнего бьефа и переходной зоны между пляжем и прудком-отстойником.

Донные отложения и переходная зона по своей сути аналогичны понуру и экрану земляных плотин. Вышеназванные особенности области питания обуславливают значительное уменьшение расхода фильтрационного потока через тело хвостохранилища и снижение высотного положения депрессионной кривой.

Экранирующая роль донных отложений и переходной зоны по мере наращивания ограждающих дамб возрастает, и это является дополнительным резервом увеличения вместимости эксплуатируемых хвостохранилищ. Область фильтрации хвостохранилищ характеризуется неоднородным строением и уменьшением коэффициента фильтрации от гребня ограждающей дамбы по направлению к прудку-отстойнику, что обусловлено фракционированием хвостов по крупности при намыве. Это приводит к тому, что вода из прудка-отстойника попадает в область высоких фильтрационных сопротивлений, сложенных, как правило, мелкозернистыми и пылеватыми хвостами. Высотное положение депрессионной кривой значительно уменьшается. По этой причине остаются «сухими» верховые дренажи многоярусной дренажной системы, что подтверждается многочисленными натурными наблюдениями и результатами физического моделирования на крупномасштабной установке.

Для наращивания ограждающих дамб эксплуатируемых хвостохранилищ и увеличения их вместимости предлагается новый способ сооружения дренажей *на границе пляжной и прудковой зон* [5]. Это позволяет перехватывать фильтрационный поток до его попадания в зону фильтрации, снизить гидростатическое и гидродинамическое давление на ограждающую дамбу и уменьшить водопиток к существующим дренажам, которые находятся в работе уже длительное время и снижают свою водоприемную способность. Технология сооружения дренажных систем для строящихся или эксплуатируемых хвостохранилищ показана на **рис.4 и 5**.

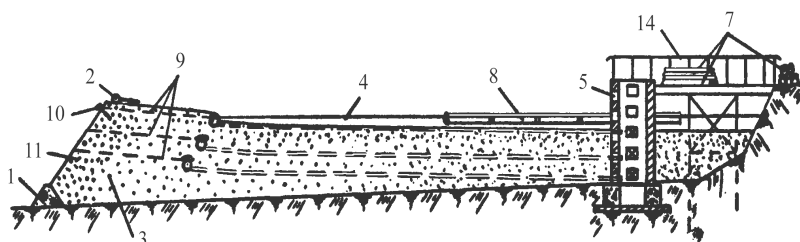


Рис. 4. Расположение дренажей в теле ограждающих дамб хвостохранилища

В образованную пионерной дамбой 1 емкость хвостохранилища намыывают из пульпопровода 2 хвостовую пульпу с формированием ограждающей дам-

бы 3 и образованием прудка-отстойника 4. Осветленную воду из прудка-отстойника сбрасывают через водосбросной колодец 5 и по системе оборотного водоснабжения подают на обогатительную фабрику. Одновременно собирают на плаву в отстойнике ГТД 6, выполненное из изготавливаемых за пределами хвостохранилища трубчатых дренажных звеньев 7.

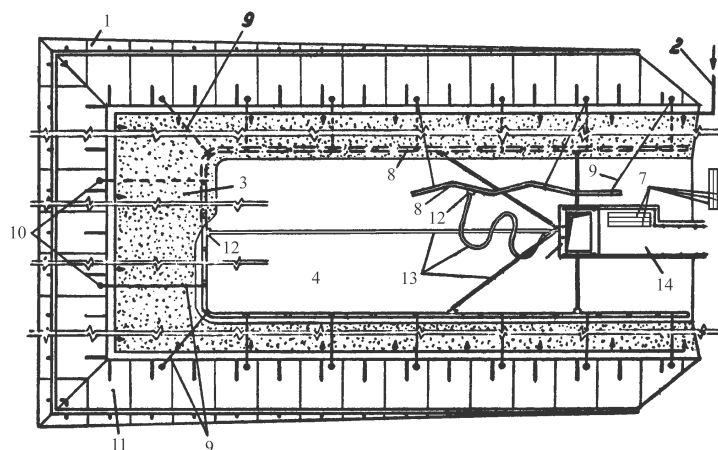


Рис.5. План хвостохранилища с размещением основных элементов дренажа

Собранные в секции 8 дренажные звенья 7 доставляют на плаву к месту установки и закрепляют вдоль линии уреза воды в отстойнике с помощью винтов 9 и анкеров 10, которые забиваются в откос 11 хвостохранилища. Трубчатые дренажные звенья оборудуют отводами 12, к которым присоединяют гибкие коллекторы 13 для сброса воды из ГТД в водосбросной колодец 5. Подход к колодцу с берега осуществляют по эстакаде. Для изготовления дренажных звеньев 7 используют полиэтиленовые трубы с щелевой перфорацией, обматываемые минераловатным фильтром. Сверху вдоль каждого звена закрепляются пенопластовые бруски для придания ГТД необходимой плавучести. Внешние зоны ограждающих дамб сложены крупнозернистыми и среднезернистыми хвостами с коэффициентами фильтрации соответственно 50-70 и 10-50 м/сут. На границе пляжной и прудковой зон во время намыва откладываются мелкозернистые и пылеватые хвосты, имеющие коэффициент фильтрации соответственно 1-10 и 0.5-1 м/сут. Для обеспечения эффективной работы предлагаемых дренажных систем необходимо выдерживать конструктивные параметры $P=1\%$ при $\beta \geq 10$ (P – площадь перфорации трубы по отношению к площади трубы по наружному диаметру; β – относительная проницаемость фильтра, равная отношению коэффициентов фильтрации материалов фильтра и хвостов).

Эффективность предлагаемой технологии возведения хвостохранилищ подтверждена результатами исследований на полупромышленной крупномасштабной установке физического моделирования и может применяться для поверхностных намывных хвостохранилищ с любым рельефом местности и технологии возведения «от дамбы к бере-

гам». На основании выполненных модельных условий был разработан аналитический метод прогноза основных технологических параметров намывных хвостохранилищ [6]. Без больших капитальных затрат появляется возможность оперативно управлять состоянием тела ограждающих дамб в процессе их эксплуатации путем уменьшения расхода фильтрационного потока через намытый массив и снижения высотного положения кривой депрессии. Шаг по вертикали между ярусами дренажей на границе между пляжной и прудковой зонами определяется с учетом возможного снижения водозахватной способности низовых противифльтрационных устройств и состояния внешних откосов.

Список литературы

1. Сухорученков А.И. Железородное сырье: прогноз на завтра // Металлы Евразии. 2005. №1. С. 32–34.
2. Основы проектирования, строительства и эксплуатации хвостохранилищ большой вместимости / Л.К. Антоненко, В.Г. Зотеев, А.И. Коваленко, А.М. Иваненко, Т.К. Костерова // Горный журнал. 1990. № 11. С.43–45.
3. Антоненко Л.К., Зотеев В.Г. Проблемы безопасной эксплуатации хвост-

- хранилищ и пути их решения // Горный журнал. 1998. № 1. С.65–67.
4. Трубецкой К.Н., Уманец В.Н., Никитин М.Б. Классификация техногенных месторождений, основные категории и понятия // Горный журнал. 1989. № 12. С. 6–9.
5. А.с. 1301911 РФ, МКИ E02B 7/06. Способ возведения хвостохранилища / Мельников И.Т., Лаушкин Б.А. (РФ).
6. Мельников И.Т. Математическое описание технологии возведения намывных хвостохранилищ равнинного и нагорного типов // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2007. № 1. С. 3–9.

Bibliography

1. Syhoruchencov A.I. Ore material: forecast on tomorrow // Metals Europe Asia. 2005. №1. p. 32–34.
2. Bases of designing, building and operation of tail-storing хвостохранилищ the big capacity // Antonenko L.K., Zoteev V.G., Kovalenko A.I., Ivanenko A.M., Rostovera T. K // Mining magazine. 1990. № 11. p. 43–45.
3. Antonenko L.K., Zoteev V.G. Problems to safe usage tail-storing and way of their decision // Mining magazine. 1998. № 1. p. 65–67.
4. Trubetskoy K.N., Umanets V.N., Nikitin M.B. Classification of technogenic deposits, the basic categories and concepts // Mining magazine. 1989. № 12. p. 6–9.
5. The copyright certificate 1301911, MCI E02B 7/06. A way of erection of tail-storing. Inventors Melnikov I.T., Laushkin B.A.
6. Melnikov I.T. Analytical method for determining the technological parameters of plain and upland of tail-storing // the Bulletin of MGUTU of G.I. Nosova, Magnitogorsk, № 1, 2007, S.3–9.

УДК 622.012:658.5

Мельников И.Т., Пыталев И.А., Корнилов С.Н., Кутлубаев И.М., Васильев К.П., Мельников И.И., Шевцов Н.С.

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЁМКОСТИ ГИДРОТРАНСПОРТА ХВОСТОВ ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ

Статья посвящена решению актуального вопроса – снижению энергоёмкости и металлоёмкости гидротранспортирования отходов обогащения железорудных горно-обогажительных предприятий. На основе результатов выполненных промышленных экспериментов предложена методика определения основных технологических параметров гидротранспорта – критических гидравлических уклонов, расходов транспортируемой пульпы и диаметров пульпопроводов.

Ключевые слова: хвосты, горно-обогажительное производство, гидротранспорт, энергоёмкость, металлоёмкость, пульпопровод, гидравлический уклон, хвостохранилище.

The article is devoted to solving the urgent problem – reducing the energy and metal during hydrotransportation of tailings of iron ore mining and processing enterprises. Based on the results of experiments proposed a method of industrial identify of the main technological parameters of hydraulic transport – critical hydraulic gradients, the cost of the transported slurry and slurry pipelines diameters.

Key words: tailings, mining-treatment manufacture, hydro transport, energy capacity, meta capacity, slurry pipeline, hydraulic gradient, tailing.

Для горной промышленности характерно ухудшение горно-геологических условий разработки полезных ископаемых. По мере эксплуатации месторождений увеличивается глубина горных работ, высота внешних отвалов и хвостохранилищ, а также дальность транспортирования отходов горно-обогажительного производства. В настоящее время разрабатываются месторождения, содержание железа в которых не превышает 40%, а годовой выход хвостов на разных предприятиях варьирует от 0,876 до 38,67 млн т. Динамика работы крупнейших железорудных горно-обогажительных предприятий России, Украины и Казахстана приведены в табл. 1.

Горно-обогажительные комбинаты чёрной металлургии России эксплуатируют свыше 35 крупных хвостохранилищ, в которые уложено более 2,5 млрд м³ хвостов. Только на трёх ведущих предприятиях железорудной отрасли, являющихся объектами исследований, к 2010 году в хвостохранилищах Качканарского (ОАО «Ванадий»), Соколовско-Сарбайского («АО

УРПО ССТПО») и ГОП ОАО «ММК» накоплено соответственно 757, 335 и 102 млн м³ отходов обогащения. В Приднепровском регионе, являющимся основным поставщиком железорудного сырья на Украине, аккумулировано более 3,5 млрд м³ хвостов. В настоящее время в связи с увеличением высоты хвостохранилищ и дальности транспортирования пульпы затраты на складирование 1 т хвостов соизмеримы с затратами на добычу 1 т железной руды.

Процесс обогащения руды связан с большим потреблением воды. Удельный расход технологической оборотной воды на 1 т руды или концентрата, являющийся интегральным критерием качества и обогатимости полезного ископаемого, для различных ГОКов представлен в табл. 2.

В связи с невысоким содержанием железа в сырой руде и вовлечением в разработку труднообогатимых руд объёмы перекачиваемой пульпы достигают 20–90 тыс. м³/ч. Гидротранспорт хвостов обога-