

УДК 622.7:622.371

В. Н. ЗАОСТРОВЦЕВ, К. В. ХОМЯКОВ (ОАО «Архангельскгеолдобыча»)

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБОГАЩЕНИЯ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ им В. ГРИБА



В. Н. ЗАОСТРОВЦЕВ,
зам. генерального директора –
главный инженер



К. В. ХОМЯКОВ,
главный
обогащитель

Приведены описание технологической схемы, характеристика основного оборудования и технологические показатели строящейся обогатительной фабрики, предназначенной для переработки алмазосодержащих руд месторождения им. В. Гриба. Проект и рабочая документация на строительство обогатительной фабрики и организацию складирования хвостов разработаны в ЗАО «Механобр-инжиниринг». Годовая проектная производительность строящейся фабрики составляет 4,5 млн т руды влажностью 5 %, или 4,275 млн т по сухой руде. Извлечение алмазов по условному ситовому классу +3 DTS (+1,2 сс) — 95–98 %.

Ключевые слова: месторождение алмазов, технология обогащения, тяжелосредная сепарация, рентгенолюминесцентная сепарация, хвостохранилище, охрана окружающей среды.

Обогатительная фабрика

Проектная и рабочая документация на строительство обогатительной фабрики (ОФ) и организацию складирования хвостов разработаны в ЗАО «Механобр инжиниринг».

В июне 2012 г. ОАО «Архангельскгеолдобыча» приступило к проведению строительных работ. По результатам открытого конкурса генеральным подрядчиком определен ООО «Спец-ФундаментСтрой» (г. Северодвинск), а генеральным поставщиком технологического оборудования — компания «Бэйтман инжиниринг Россия Б. В.».

Годовая проектная производительность строящейся ОФ составляет 4,5 млн т по руде влажностью 5 %, или 4,275 млн т по сухой руде. Расчетное извлечение алмазов по условному ситовому классу +3 DTS (+1,2 мм) составит 95–98 %.

В состав ОФ входят следующие основные участки и цеха:

- корпус крупного дробления;

- конвейерная галерея для транспортирования дробленой руды;

- главный корпус, состоящий из участков измельчения и гидроклассификации, подготовки материала к обогащению (рассев на классы), собственно обогащения, участка доводки и окончательной доводки, отдела технического контроля (ОТК);

- административно-бытовой корпус.

Эффективность принятой технологии обогащения алмазосодержащих руд и выбранного оборудования подтверждены опытом работы предприятий-аналогов.

Технологический процесс обеспечивается современным, проверенным в эксплуатации оборудованием необходимой производительности.

В соответствии с технологической схемой обогащения исходную руду крупностью до –1200 мм доставляют из карьера самосвалами грузоподъемностью 130 т и разгружают в два приемных бункера вместимостью 180 м³ каждый, оборудованных решетками и гидравлическими бутобоями для разрушения негабаритов. Из бункеров руда с помощью пластинчатых питателей поступает в шнекозубчатые дробилки DRS 800×2000 (1 рабочая, 1 резервная).

Дробленая руда крупностью –300 мм магистральным конвейером по конвейерной галерее направляется в главный корпус, где распределяется передвижным конвейером в приемные бункеры, из которых с помощью пластинчатых питателей поступает в две мельницы самоизмельчения SM-M-7,3×3,7.

Измельченная руда (пульпа) распределяется на три двухспиральных классификатора 2КСН-30, пески которых на трех двухситных грохотах I стадии грохочения разделяются на классы +25, –25+1 и –1 мм. Класс +25 мм ленточными конвейерами и элеватором загружается в пресс-валковую дробилку Polysom 11×8; класс –25+1 мм ленточным и вертикальным конвейерами поступает на грохочение II стадии.

Слив классификаторов (–1 мм) и подрешетный продукт грохотов I и II стадий (–1 мм) по самотечному пульповоду направляются в совмещенную насосную станцию (СНС) хвостового хозяйства и перекачиваются в хвостохранилище. Разгрузка пресс-валковой дробилки направляется в мельницу самоизмельчения.

Грохочение II стадии осуществляется на двух двухситных грохотах с выделением классов –25+13, –13+1 и –1 мм.



Бутоби



Корпус крупного дробления

Класс $-25+13$ мм ленточным элеватором подается на обогащение в рентгенолюминесцентный сепаратор (РЛС), класс $-13+1$ мм — в две установки тяжелосредной сепарации (ТСС) производительностью по 60 т/ч каждая и в смесительные камеры, в которых происходит смешивание с тяжелосредной суспензией. Подготовленная смесь подается насосами в тяжелосредные гидроциклоны, где происходит разделение на тяжелую (концентрат) и легкую (хвосты) фракции. Полученные продукты после отмытки на дренажно-промывочных грохотах подвергаются делению на более узкие классы крупности $-13+6$ мм и $-6+1$ мм на двухситном самоба-

ланном грохоте. Класс $-13+6$ мм ленточным элеватором поступает на обогащение в РЛС. Класс $-6+1$ мм, с целью вывода в отвал ферромагнитных минералов подвергают магнитной сепарации, после чего немагнитная фракция поступает на двухситный грохот для разделения по классам $-6+3$ мм; $-3+1$ мм и -1 мм. Классы $-6+3$ мм и $-3+1$ мм ленточными элеваторами подаются на обогащение в РЛС, класс -1 мм выводится в отвал.

Из легкой фракции (хвостов) ТСС на двух односитных грохотах с отверстием 3 мм для вывода в отвал выделяется класс -3 мм. Надрешетный продукт грохотов крупностью



Главный корпус обогатительной фабрики. Спиральные классификаторы

–13+3 мм направляется на дораблывание в пресс-валковую дробилку Polysom 11x8.

Обогащение и доводка концентратов осуществляются с применением РЛС производства ЗАО НПП «Буревестник» (г. Санкт-Петербург). При этом реализуется двухстадиальная технология, построенная по принципу контрольно-резервной схемы. Это означает, что аппарат, применяемый для контрольной операции, может применяться как резервный в случае значительного увеличения нагрузки на основную операцию. Данный принцип позволяет максимально повысить извлечение и не требует установки отдельных резервных аппаратов.

Обе стадии обогащения материала классов крупностью –25+13 мм и –13+6 мм проводятся на РЛС в мокром режиме: I стадия — класс –25+13 мм — на двух сепараторах ЛС-20-09; класс 13+6 мм — на двух сепараторах ЛС-20-04-3Н; во II стадии полученные концентраты доводят на аппаратах ЛС-0Д-50-03Н.

Концентраты ТСС крупностью –6+3 мм и –3+1 мм, после двухстадиального мокрого обогащения на сепараторах

ЛС-Д-4-03Н (I стадия) и ЛС-Д-4-03П (перечистная операция) направляют на сушку в инфракрасных сушильных печах UV+IR (ЮАР) с последующей доводкой на сепараторах ЛС-0Д-6 в сухом режиме.

С целью вывода в отвал парамагнитных минералов, содержащихся в классе –6+1 мм в большом количестве, хвосты РЛС проходят магнитную сепарацию на магнитном сепараторе, после чего немагнитную фракцию направляют в циркуляцию на дораблывание, а магнитную фракцию в отвал.

Упакованные в емкости концентраты РЛС всех классов крупности доставляют в цех окончательной доводки (ЦОД) для ручной выборки продукции из концентрата РЛС, с оформлением и регистрацией полученной продукции. Полученные алмазы подвергают химической обработке для удаления пленок и остатков пустой породы.

Обработанные в химическом отделении алмазы после рассева по классам крупности являются готовой продукцией предприятия.

Для ведения оперативного контроля за технологическими параметрами процессов, которые в наибольшей степени



Рис. 4. Диспетчерская обогатительной фабрики



Строительство обогатительной фабрики



Общий вид обогатительной фабрики



В главном корпусе обогатительной фабрики

вливают на показатели обогащения руды, и получения данных о потерях алмазов с отвальными продуктами, предусмотрена установка автоматических пробоотборников пересечного типа на сливе классификаторов, подрешетном продукте грохотов I и II стадий грохочения, магнитной фракции МС-2 и общих хвостах фабрики, направляемых в хвостохранилище.

Отобранные пробы вертикальными баковыми насосами перекачиваются в отделение ОТК, в накопительные бункера вместимостью 1,5 м³ каждый, откуда подаются на обезвоживающие грохоты.

Обезвоженные пробы поочередно поступают на тяжелосреднюю установку производительностью 1 т/ч, затем тяжелую фракцию высушивают в инфракрасной печи производительностью 25 кг/ч и после отсева класса –1 мм подают на рентгенолюминесцентный сепаратор ЛС-Д-4-04.

Концентрат РЛС поступает на сортировку, хвосты присоединяются к фабричным циркулирующим продуктам. Прошед-

шая ТСС проба магнитной сепарации МС-2 с обезвоживающего грохота сразу поступает на сушку и далее после отсева класса –1 мм подается в РЛС. Легкая фракция ТСС и отсева грохотов направляются в отвал.

С целью контроля и оптимизации технологического процесса также предусмотрена возможность отбора проб алмазосодержащих продуктов вручную методом пересечения струи или потока практически на всех технологических переделах.

Складирование хвостов обогатительной фабрики

Хвостовое хозяйство ОФ включает следующие объекты:

- *хвостохранилище* намывного типа с осуществлением складирования хвостов и намыва пляжной зоны отдельными ярусами с последующим возведением дамб обвалования в течение всего периода эксплуатации;
- *систему гидротранспортирования хвостов*, предназначенную для подачи отвальных хвостов из главного корпуса ОФ на хвостохранилище;
- *систему оборотного водоснабжения*, состоящую из двух водозаборных колодцев, отстойника оборотной воды, предназначенного для доочистки воды как механическим способом, так и с использованием флокулянтов, и средств гидротранспортирования оборотной воды

на фабрику с размещением насосов оборотной воды в СНС;

- *систему дренажных станций* по перекачке фильтрационных вод обратно в чашу хвостохранилища, расположенных по периметру хвостохранилища;

- *совмещенную насосную станцию*, объединяющую системы гидротранспортирования хвостов обогащения и оборотного водоснабжения, а также отделение по приготовлению флокулянтов.

Все объекты хвостового хозяйства связаны между собой трубопроводами, оснащенными запорной арматурой, что обеспечивает возможность необходимого перенаправления потоков пульпы и воды с учетом условий эксплуатации при отрицательных температурах.

Разработанные технические решения по складированию хвостов и организации водооборота приняты, исходя из опыта работы других предприятий, а также требований, предъявляемых к безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений.



Оборудование совмещенной насосной станции хвостового хозяйства

Хвостохранилище

Сооружения системы складирования хвостов предусматривают создание хвостохранилища равнинного типа с круговой ограждающей дамбой по всему периметру (на окончание расчетного срока эксплуатации хвостохранилища) и водосбросными сооружениями.

Перепад отметок рельефа на площадке хвостохранилища составляет от 101,8 до 123,3 м. Трасса ограждающей дамбы хвостохранилища проходит по высоким отметкам рельефа площадки. Водотоки на площадке хвостохранилища отсутствуют. Хвостохранилище намывное. При замкнутом контуре хвостохранилища обеспечивается возможность соблюдения нулевого баланса воды в хвостохранилище, без сброса технологических вод в естественные водоемы.

Площадь хвостохранилища — 3,75 км² — позволяет обеспечить складирование всего объема хвостов на расчетный (20 лет) срок эксплуатации. При этом отметка заполнения хвостохранилища составит 138 м, вместимость хвостохранилища — 82 млн м³.

Первоначальная емкость хвостохранилища создается на пониженном участке рельефа путем строительства первичной дамбы с отметкой гребня 117 м, что обеспечит складирование хвостов в течение 2,5–3 лет работы обогатительной фабрики.

Дальнейшее наращивание ограждающей дамбы производится намывным способом с отсыпкой дамб обвалования из привозного грунта на намывный пляж и намыва очередного яруса с формированием низового откоса дамбы с проектным заложением, равным 4,5.

Ширина первичной дамбы по гребню 15 м принята из условия отсыпки дамбы большегрузным автотранспортом, прокладки распределительного пульповода и создания проезжей части автодороги для их обслуживания.

Протяженность первичной дамбы — 4185 м, протяженность ограждающей дамбы на окончание расчетного срока эксплуатации составит 7433 м.

В отстойный пруд хвостохранилища поступают только технологические стоки фабрики в составе хвостовой пульпы и поверхностные воды с водосборной площади хвостохранилища.

Система гидротранспортирования хвостов

Система включает:

- самотечный пульповод из полиэтиленовых труб DN800 от главного корпуса ОФ до СНС;
- совмещенную станцию;
- трассы напорных магистральных пульповодов из стальных труб 2DN500 от СНС до хвостохранилища;
- распределительные пульповоды из стальных труб DN500 на хвостохранилище.

Хвостовая пульпа из главного корпуса фабрики по самотечному пульповоду поступает в приемный коллектор СНС, откуда грунтовыми насосами в объеме 2500 м³/ч по магистральным и распределительным пульповодам подается в чашу хвостохранилища.

Для перекачки пульпы предусмотрена установка двух агрегатов (1 рабочий, 1 резервный), каждый из которых состоит из двух последовательно соединенных насосов Warman 14/12 АН производительностью 2500 м³/ч (напор 0,7 МПа). Для создания оптимального режима работы насосов в системе гидротранспорта электродвигатели насосов первого подъема оборудованы преобразователями регулирования числа оборотов.

В первые годы эксплуатации хвостовая пульпа будет подаваться на дамбу насосом I ступени.

Протяженность трассы магистральных пульповодов — 480 м. Прокладка пульповодов предусматривается в две нитки (1 рабочая, 1 резервная) по трассе, совмещенной с водоводом оборотной воды и автодорогой для подъезда к хвостохранилищу и обслуживания трубопроводов.

Для опорожнения магистральных пульповодов в аварийной ситуации в совмещенной станции хвостового хозяйства

предусмотрен аварийный зумпф, обеспечивающий полную разгрузку объема трубопроводов от главного корпуса до хвостохранилища, а также прием пульпы с фабрики в течение 10 мин, при аварийном отключении электроэнергии в СНС.

Распределительные пульповоды проложены по гребню ограждающей дамбы в одну нитку и оборудованы распределительными и сосредоточенными выпусками по всей длине для производства намывных работ.

Система оборотного водоснабжения

В комплекс сооружений оборотного водоснабжения входят:

- водозаборные колодцы ВК № 1 и ВК № 2;
- самотечный коллектор, соединяющий ВК № 1 и ВК № 2;
- отстойник оборотной воды;
- самотечные водоводы из полиэтиленовых труб DN800 соединяющие коллектор с отстойником и СНС;
- насосы подачи оборотной воды (НОВ) на фабрику (два центробежных горизонтальных насоса АД2500-62-2 (1 рабочий, 1 резервный), установленные в СНС);
- напорный водовод от СНС до обогатительной фабрики из полиэтиленовой трубы DN800, проложенный по земляному полотну совместно с пульповодом от фабрики до СНС. Опрожнение водовода в случае необходимости будет производиться в аварийный зумпф СНС.

Водосборные сооружения включают два водоприемных колодца высотой 10,3 и 23 м с круглыми железобетонными шандорами, водосбросный коллектор из стальной трубы DN1000 в железобетонном кожухе протяженностью 1357 м.

На конечном участке коллектора, перед отстойником, предусмотрена камера переключения, оборудованная запорной арматурой. Она обеспечивает возможность регулирования расхода оборотной воды, забираемой из хвостохранилища на фабрику, и подачи оборотной воды из хвостохранилища непосредственно в насосную станцию, минуя отстойник.

Отстойник оборотной воды расположен в нижнем бьефе первичной ограждающей дамбы. Обратная вода из отстойного пруда поступает в отстойник самотеком по водосбросному коллектору хвостохранилища. Площадь отстойника по бровке 0,17 км², максимальная отметка заполнения 110 м, вместимость при максимальной отметке заполнения 0,7 млн м³. По контуру отстойника предусмотрена ограждающая дамба для организации профилактических работ.

Отвальные хвосты представлены тонко измельченными породами кратерной фации.

Исследования, проведенные в ЗАО «Механобр инжиниринг», показали, что мелкие фракции хвостов обогащения пород ксенотуфобрекчий жерловой фации обладают низкой скоростью осаждения и плотностью образующегося осадка по сравнению с хвостами обогащения пород кимберлита и кратерной фации. Учитывая это обстоятельство, предполагается, что в период отработки в карьере пород ксенотуфобрекчий,



Строительно-монтажные работы в главном корпусе обогатительной фабрики

осветленная вода из хвостохранилища, поступающая на ОФ, будет характеризоваться повышенной концентрацией взвешенных частиц, превышающей допустимое значение при ее использовании в технологическом процессе. В связи с этим предусмотрена подача флокулянта в хвостовую пульпу и дополнительная очистка оборотной воды как механическим способом в отстойнике, так и обработкой флокулянтном Магнафлок М-156.

Отделение приготовления флокулянта расположено в СНС. Расход флокулянта составит от 10 до 50 г/т в зависимости от физико-химических свойств руды, поступающей из карьера на ОФ. Подготовленный 0,1%-ный раствор флокулянта подается по реагентопроводу на хвостохранилище в распределительные пульповоды.

Система дренажных сооружений и мероприятия по охране окружающей среды

Комплекс сооружений системы охраны окружающей среды включает:

- дренажный канал и насосные установки в нижнем бьефе первичной и верховой дамб хвостохранилища;

- сеть наблюдательных скважин по периметру хвостохранилища.

Мероприятия по охране окружающей среды предусматривают:

- снятие растительного слоя в основаниях ограждающих дамб и водосбросных сооружений;
- ликвидацию пыления гребня и низового откоса ограждающей дамбы путем их крепления песчано-гравийным грунтом;
- ликвидацию пыления верхового откоса намывной дамбы (пляжа) путем реализации схемы складирования хвостов;
- опорожнение распределительных пульповодов в емкость хвостохранилища;
- опорожнение магистральных пульповодов в аварийную емкость, размещенную в СНС.

Мероприятия по охране водного бассейна:

- использование системы оборотного водоснабжения, обеспечивающей эксплуатацию хвостохранилища в бессточном режиме;
- кольтматация ложа хвостохранилища хвостовыми продуктами ОФ;
- организация кругового намыва, обеспечивающего минимальную площадь отстойного пруда.

Прием и подготовка персонала обогатительной фабрики

Прием основной части персонала обогатительной фабрики и хвостового хозяйства осуществлен из числа жителей г. Архангельска и Архангельской области.

Обучение рабочих профессиям проводится с привлечением инженерного центра Северного (Арктического) федерального университета, включая обучение и аттестацию специалистов, руководителей по вопросам охраны труда и промышленной безопасности.

Режим работы — вахтовый: 15 дней работы, 15 — отдыха.

Продолжительность рабочей смены технологического персонала — 12 ч, вспомогательного — 11 ч.

Ввод обогатительной фабрики в эксплуатацию

Ввод в эксплуатацию обогатительной фабрики и хвостового хозяйства с оборотным водоснабжением планируется произвести во II квартале 2014 г.

Прогнозируемая обработка руды на конец 2014 г. составляет 3–3,5 млн т руды. Расчетное извлечение алмазов по условному ситовому классу +3 DTS (+1,2 мм) — на уровне 95 %. **ГЖ**

*Заостровцев Виктор Николаевич,
e-mail: VZaostrovstev@agd.lukoil.com
Хомяков Константин Владимирович,
e-mail: KHomjakov@agd.lukoil.com*

DIAMOND-BEARING ORE PROCESSING AT GRIB DIAMOND DEPOSIT

Zaostrovstev V. N.¹, Deputy Chief Executive Officer, Chief Engineer, e-mail: VZaostrovstev@agd.lukoil.com
Khomjakov K. V.¹, Chief Preparator

¹ "Arkhangelskgeoldobycha" JSC (Arkhangelsk, Russia)

The article describes the process layout, basic equipment and technological parameters of the abuilding processing plant intended for treatment of diamond-bearing ore of Grib deposit. The project and working documentation for construction of processing plant and tailing storages are developed by Mekhanobr Engineering Co. The annual design capacity of the plant is 4.5 mln t at ore humidity of 5 %, or 4.275 mln t of dry ore. The diamond yield of conventional screen size +3 DTS (+1,2) makes up 95–98 %.

The ore processing layout involves ore haulage from the open pit mine by dump trucks 130 t in capacity; crushing in auger toothed-roll crushers DRS 800×2000 and grinding in autogenous mills SM-M-7.3×3.7. The ground ore is screened into several size grades meant for further beneficiation in float-and-sink cyclones and X-ray fluorescent separators. Primary concentrates are sent to additional processing.

The process flow diagram includes automated assaying facilities.

For tailing storage, a flat tailing dump with capacity of 82 mln m³ and life cycle of 20 years will be created.

The project provides for the following conservation measures: closed water rotation, dust prevention on water side of the tailing dump and protection embankments, drain water catchment.

The plant will be put into operation in quarter I of 2014.

Key words: diamond deposit, beneficiation technology, float-and-sink cyclones, X-ray fluorescent separation, tailing dump, environment protection.

