УДК 622.78:916.1

А.М.ВАСИЛЬЕВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ОБОГАЩЕНИЯ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ВИНТОВОМ ШЛЮЗЕ

Рассмотрены основные выводы работы по изучению влияния различных факторов на показатели обогащения мелкозернистых материалов на винтовом шлюзе. Показаны также методика проведения испытаний, применение матрицы планирования и выводы, полученные в результате обработки математической модели.

The article presents the main conclusions of research in different factors influencing parameters of fine material concentration with application of a screw lock. The testing technique, application of a planning matrix and conclusions obtained in mathematical model processing are offered.

Одной из важнейших проблем гравитационного обогащения является извлечение мелких и тонких частиц тяжелых минералов редких металлов, золота, серебра, платиноидов. Значительный прогресс достигнут в создании концентраторов периодического действия – «Knelson», «Falcon», «Итомак», ЦВК, ЦКПП и др. Эти аппараты предназначены для случаев, когда содержание полезного тяжелого компонента в руде невелико. В промышленных условиях предельный выход тяжелой фракции на этих аппаратах обычно не превышает 0,1 % [3]. Эти аппараты не годятся для создания разветвленных технологических схем с контрольными операциями и перечистками, что необходимо для получения высококачественных концентратов при достаточном уровне извлечения, особенно при концентрации минералов с плотностью менее 8 г/см^3, содержание которых в руде превышает 0,1 %.

Широкое применение в мировой практике обогащения нашли винтовые аппараты – винтовые сепараторы и винтовые шлюзы. Для обогащения мелко- и тонкозернистых материалов успешно используют винтовые шлюзы. В то же время особенности их работы изучены недостаточно. В технической литературе обычно приводятся результаты их применения на различных рудах, практически отсутствуют данные о влиянии на процесс разделения на винтовых шлюзах различных параметров, что затрудняет их регулировку и зачастую не позволяет объективно оценить возможности использования на новых объектах [1, 2].

Целью настоящих исследований являлось изучение влияния основных факторов на работу винтового шлюза: производительности по твердому, содержания твердого в пульпе, вязкости жидкой фазы, крупности тяжелого компонента. Исследования велись на искусственных смесях, поскольку получение подробной достоверной информации при работе на конкретных рудах затруднено из-за сложности их вещественного состава, наличия в них составляющих, влияние которых на процесс обогащения трудно учесть. В связи с необходимостью выполнения большого объема исследований нами ис-

пользован метод рототабельного ортогонального планирования экспериментов второго порядка [4].

В качестве основного (балластного) материала использованы кварцевые пески месторождения Центральное (Тамбовская область) крупностью –0,2 мм, из которых были удалены сильномагнитные минералы.

Диапазон исследуемых факторов был выбран из паспортных данных к винтовому шлюзу: производительность по твердому 150-200 кг/ч, содержание твердого в пульпе 15-45 %, крупность ферросилиция 36-170 мкм, вязкость – из возможностей водопровода.

После окончания выполнения всей серии опытов мы получили полином второго порядка:

$$\varepsilon = 92{,}4 - 1{,}621X_1 + 3{,}4792X_2 - 1{,}096X_3 + $$
$$+ 4{,}2542X_4 + 1{,}4188X_1X_2 - 1{,}256X_1X_3 + $$
$$+ 1{,}4188X_2X_3 - 0{,}56X_3X_4 - 0{,}884X_1^2 - $$
$$- 0{,}884X_2^2 + 1{,}0781X_3^2 - 4{,}322X_4^2.$$

На его основе можно сделать ряд выводов.

1. *Влияние производительности по твердому на процесс разделения*. Значение коэффициента B2 = +3,4792, коэффициента B22 = –0,884. Положительное значение при B2 и отрицательное при B22 указывает на то, что извлечение при повышении производительности будет возрастать до некоторого максимума (рис.1). Существующее мнение о том, что показатели разделения минералов на винтовом шлюзе могут быть повышены путем уменьшения производительности по твердому, наши исследования не подтвердили. Поскольку парное взаимодействие между факторами *X*2 и *X*4 (производительность по твердому и крупность тяжелых частиц) отсутствует, вышеуказанная особенность разделения справедлива для выделения тяжелых частиц любого размера.

2. *Влияние содержания твердого в пульпе на процесс разделения*. Коэффициент B3 = –1,096, коэффициент B33 = +1,0781, при значительном парном взаимодействии между производительностью (*X*2) и содержанием твердого в пульпе (*X*3) B23 = = +1,4188. Таким образом, при высоких производительностях по твердому B23 будет иметь положительное значение, которое полностью компенсирует отрицательное значение B3. При этом более высокие показатели разделения будут иметь место при повышенном содержании твердого в пульпе.

Следует обратить особое внимание на парное взаимодействие между содержанием твердого в пульпе и размером тяжелых частиц, B34 = –1,056. При выделении тяжелых частиц малого размера B34 будет иметь положительное значение. Поэтому лучшие показатели разделения для них будут при положительных значениях *X*3, т.е. при высоком содержания твердого в пульпе. И напротив, крупные тяжелые частицы будут несколько лучше извлекаться при пониженном содержании твердого в пульпе. Это подтверждает существенную роль эффекта сегрегации при обогащении руд на винтовых шлюзах. Снижение содержания твердого в пульпе обеспечивает увеличение расстояния между частицами в улавливающей постели винтового шлюза и повышение извлечения крупных тяжелых частиц (рис.2). Интересно, что при высокой вязкости жидкой фазы этот эффект проявляется

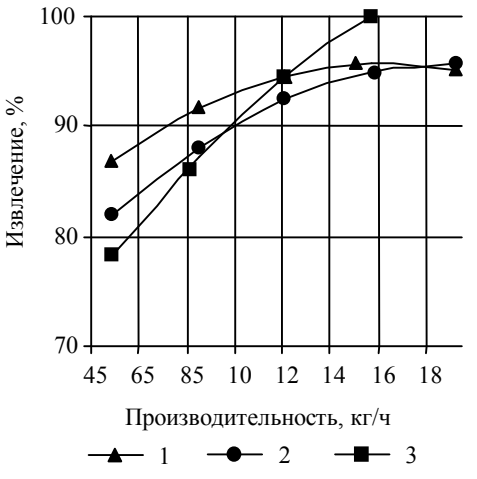


Рис.1. Зависимость извлечения от производительности при содержании твердого, %
1 – 22,6; 2 – 30; 3 – 45

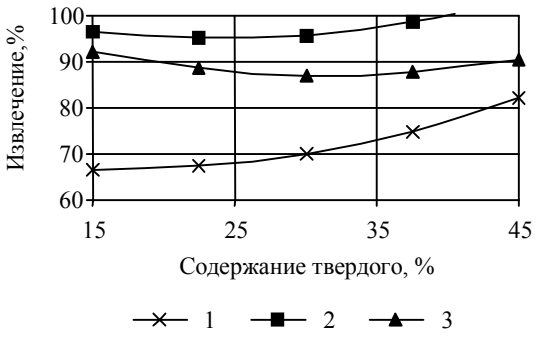


Рис.2. Зависимость извлечения от содержания твердого при крупности ферросилиция, мкм
1 – 36; 2 – 100; 3 – 168

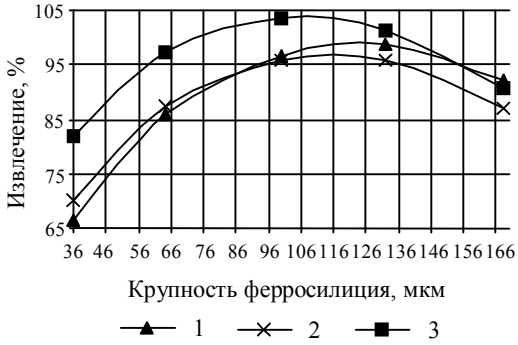


Рис.3. Зависимость извлечения от крупности тяжелого компонента при содержании твердого, %
1 – 15; 2 – 37,5; 3 – 45

особенно ярко.

3. *Влияние крупности тяжелых частиц на их извлечение*. Коэффициент B4 = = +4,2542, коэффициент B44 = –4,322. Извлечение тяжелых частиц значительно зависит от их крупности.

При этом имеет место, с одной стороны, существенное понижение показателей извлечения мелких тяжелых частиц, с другой, наличие максимума с дальнейшим некоторым понижением извлечения для крупных тяжелых частиц (рис.3).

Отрицательное значение коэффициента B34 при парном взаимодействии между содержанием твердого в пульпе и крупностью тяжелых частиц, как уже указывалось, отражает влияние сегрегации на процесс разделения. Из-за сегрегации при увеличении содержания твердого в пульпе максимум извлечения тяжелых частиц будет смещаться в сторону их меньших размеров.

4. *Влияние вязкости среды на процесс разделения*. Вязкость воды в значительной степени зависит от температуры. Увеличение гидравлической крупности частиц, которое имеет место при повышении температуры воды из-за снижения вязкости, должно заметно сказываться при гравитационном разделении.

Коэффициент B1 = –1,621, коэффициент B11 = –0,884. В целом зависимость извлечения тяжелых частиц от вязкости, определяемая этими коэффициентами, имеет вид прогрессивно-нисходящей кривой (рис.4) с максимумом в области понижен-ных значений кинематического коэффициента вязкости.

Значительные парные взаимодействия между вязкостью и производительностью (B12 = +1,4188), а также между вязкостью и содержанием твердого в пульпе (B23 = = –1,4188) при их совместном рассмотрении в условиях высокой производительности и высокого содержания твердого в пульпе не изменяют вышеуказанной связи между извлечением тяжелых частиц различной крупности и вязкостью. Частицы всех размеров при высокой производительности и высоком содержании твердого в пульпе лучше всего извлекаются при вязкости около 0,0075 см^2/с, что соответствует температуре воды 30-35 °С.

Суммируя результаты анализа, можно определить область оптимальных значений производительности, содержания твердого в

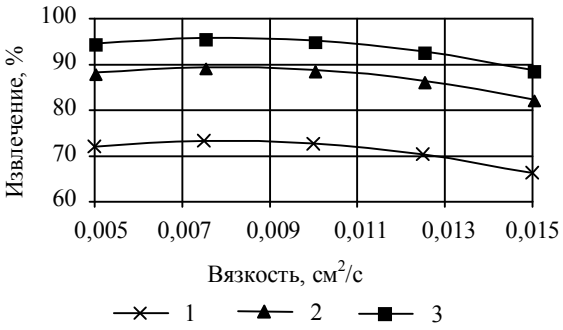


Рис.4. Зависимость извлечения от вязкости воды при крупности ферросилиция, мкм
1 – 36; 2 – 64; 3 – 132

пульпе и вязкости последней, обеспечивающих достижение высоких показателей разделения на винтовом шлюзе. При обогащении материалов крупностью менее 0,2 мм на винтовом шлюзе ВШ-350 можно рекомендовать работать при производительности 160-200 кг/ч, содержании твердого в пульпе около 50 % и температуре воды 30-35 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Берт Р.О.* при участии К.Миллза. Технология гравитационного обогащения / Пер. с англ. Е.Д.Бачевой. М.: Недра, 1990. 574 с.

2. *Иванов В.Д.* Винтовые аппараты для обогащения руд и песков в России / В.Д.Иванов, С.А.Прокопьев. М.: Дакси, 2000. 240 с.

3. *Кизевальтер Б.В.* Теоретические основы гравитационных процессов обогащения. М.: Недра, 1979. 296 с.

4. *Налимов В.В.* Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В.В.Налимов, Н.А.Чернова. М.: Наука, 1965. 340 с.

Научные руководители: д.т.н. проф. *О.Н.Тихонов,* д.т.н. *А.В.Богданович*