



(19) KG (11) 425 (13) C2 (46) 30.06.2025

(51) B07B 1/00 (2025.01)

B07B 7/00 (2025.01)

B07B 9/00 (2025.01)

B07B 13/00 (2025.01)

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ И ИННОВАЦИЙ
ПРИ КАБИНЕТЕ МИНИСТРОВ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (КЫРГЫЗПАТЕНТ)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ к патенту Кыргызской Республики

(21) 20240013.1

(22) 08.04.2024

(46) 30.06.2025. Бюл. № 6

(76) Байтаков Азамат Бектурович (KG)

(56) RU № 2383398, С1, кл. B07B 9/00,
10.03.2010

(54) Способ сухого обогащения волластонитовой руды

(57) Изобретение относится к обогащению полезных ископаемых и может быть использовано при обогащении волластонитовых руд.

Технической задачей изобретения является уменьшение вывода волластонита в отходы, а также улучшение качества готового продукта за счет снижения количества вредных примесей.

Технический результат достигается в способе сухого обогащения волластонитовой руды, включающий крупное дробление руды с рассевом и ручную рудоразборку с выводом в отходы не содержащих волластонита кусков, среднее дробление руды, сушку и последующий рассев с разделением материала по классам крупности, затем осуществляют рентгенолюминесцентную сепарацию средних классов с выводом в отходы не содержащих волластонит кусков, затем осуществляют мелкое ударное дробление и последующий рассев с классификацией по классам крупности, затем производят оптическую сепарацию мелких классов по форме, размеру, блеску и разделением волластонитового концентрата

на обычную и игольчатую разности с выводом в отходы не содержащих волластонита кусков монохромным, цветным, оптическим, близким инфракрасным или ультрафиолетовым способом, затем дополнительно производят измельчение и рассев, последующую магнитную сепарацию осуществляют на стержневом магнитном сепараторе, затем производят сушку с нагреванием и тренировкой трибо зарядной поверхности и последующую сепарацию в электростатическом сепараторе с выводом в отходы не содержащих волластонит фракций на одной и более фракций продукта, полученные в результате электростатической сепарации волластонитовые концентраты одной или более фракций дополнительно измельчают и разделяют на узкие классы по размеру частиц, причем с этапа оптической сепарации измельчение и обогащение материала осуществляют одним объединенным потоком или раздельными потоками для обычной и игольчатой разностей волластонита, при этом улавливание пылевидных частиц материала с последующей подачей пылевидного материала на магнитную сепарацию на стержневых магнитных сепараторах производят со всех постов крупного, среднего и мелкого дробления, классификации, транспортировки и пересыпке материала.

1 н. п. ф., 8 з. п. ф., 1 фиг.

(19) KG (11) 425 (13) C2 (46) 30.06.2025

3

Изобретение относится к обогащению полезных ископаемых и может быть использовано при обогащении волластонитовых руд.

Известен способ обогащения волластонитовых руд, включающий сухое дробление руды в конусной инерционной дробилке (далее КИД) или в мельнице самоизмельчения типа «Аэрофол», воздушную классификацию по классам 1,0 и 0,071 мм, класс +1,0 мм направляют на додрабливание, класс - 0,071 мм выделяют в качестве готового волластонитового продукта, класс - 1,0+0,071 мм направляют на магнитную сепарацию с получением гранатового концентрата. Перед выделением волластонитового концентрата немагнитный продукт подвергают трибоэлектризации при нагревании до температуры 150-170 °С в электрической трубчатой печи с последующим охлаждением до температуры 100-110 °С на лотке вибропитателя. Волластонитовый концентрат выделяют электростатической сепарацией с одновременным выделением кальцитового концентрата и кварцевого продукта, при этом напряженность электрического поля устанавливают в диапазоне $3,5 \times 10^5$ - $3,9 \times 10^5$ В/м (RU № 2002513, С1, кл. B03C 7/00, 15.11.1993).

Известный способ имеет ряд недостатков, заключающихся в том, что исходная руда помимо кальцита и кварца содержит другие минералы, такие как: гроссуляр, диопсид, альбит и другие, - которые являются вредными примесями и которые невозможно отдельить от волластонита известным способом. Так первый концентрат, полученный избирательным измельчением и выделенный воздушной классификацией содержит большое количество кальцита и других минералов, обладающих низкой твердостью и загрязняющих волластонитовый продукт. Второй волластонитовый концентрат, полученный в результате магнитной и электростатической сепарации также содержит большое количество минералов, не обладающих магнитными свойствами и не имеющих достаточного отличия в электростатическом заряде для разделения их от волластонита. Все перечисленное приводит к низкому качеству товарной продукции.

4

Известен способ сухого обогащения волластонитовой, включающий сухое дробление руды, рентгенолюминесцентную сепарацию дробленого материала, измельчение и классификацию по классам крупности обогащенного материала с последующими магнитной и электростатической сепарациями для отделения примесей и измельчением полученного волластонитового концентрата. В известном способе перед измельчением руды, которое проводят в КИД или мельнице самоизмельчения «Аэрофол», руду подвергают грохочению с разделением на классы крупности, после чего класс +50 мм направляют на додрабливание, класс -10 мм поступает на измельчение, а классы 20+10 мм и -50+20 мм - на рентгенолюминесцентный сепаратор, куски с невысоким содержанием волластонита выводят в хвосты, после чего обогащенную руду и класс крупности -10 мм подвергают измельчению в КИД до -3 мм, из которой с помощью воздушной классификации выделяют класс крупностью -0,1 мм - первый волластонитовый концентрат с содержанием волластонита 85 %, а класс крупностью -3+0,1 мм пропускают через магнитный сепаратор, где выделяется гранат-пироксеновый концентрат, а немагнитный продукт на роторную быстроходную мельницу (РБМ) и из измельченного на ней материала воздушной классификацией выделяют класс крупностью -0,063 мм - второй волластонитовый концентрат, содержащий не менее 90 % волластонита, после чего класс крупностью -0,5+0,063 мм проходит магнитную сепарацию, где выделяют зерна граната и пироксена, вскрываемые при дальнейшем измельчении, и инструментальное железо, а немагнитный материал в виде кальцита, кварцита и волластонита подсушивают и разделяют на двухкаскадном электростатическом сепараторе, где волластонит иглообразной формы отклоняется в сторону высоковольтного электрода, а примеси, имеющие более округлую и слегка удлиненную форму, отталкиваются от высоковольтного электрода и уходят в кварц-волластонитовый концентрат. Удлиненные иглообразные зерна волластонита поступают на дезинтегратор, где измельчаются до класса

5

крупности -0,040 мм - третий волластонитовый концентрат с содержанием волластонита 90 % руды (RU № 2142348, С1, кл. B07B 13/00, B03B 1/00, 7/00, 10.12.1999).

Существенным недостатком известного способа является низкое качество товарной продукции. При использовании известного способа получают три волластонитовых концентратата. Первый - волластонитовый концентрат ВК-1, полученный путем воздушной классификации продуктов дробления исходной руды, волластонитовым концентратом считаться не может, так как, не пройдя ни магнитную, ни электростатическую сепарацию, содержит весь набор примесей (гранаты, кальциты, пироксены, кварциты и др.), имеющихся в исходной руде. Это фактически продукт дробления исходной руды до класса крупностью -0,1 мм.

Второй волластонитовый концентрат ВК-2, получаемый по известному способу, является фактически кальцит-волластонитовым концентратом, так как отбирается до прохождения электростатической сепарации и содержание в нем кальцитовых и других немагнитных примесей равно содержанию их в руде или больше, что отрицательно сказывается на качестве товарного продукта.

По известному способу методом воздушной классификации выделяют материал класса крупностью -3+0,1 мм, который затем поступает на магнитную и электростатическую сепарацию. Как известно, способ воздушной классификации эффективен при разделении частиц материалов с одинаковой или близкой плотностью. Как показали эксперименты, проведенные в условиях известного способа, ввиду того, что в состав указанного материала входят частицы минералов с различной плотностью, получить воздушной классификацией материал строго в границах заданной крупности -3+0,1 мм практически невозможно. Как правило, в состав попадают частицы более 3 мм и, что особенно важно, достаточно большое количество частиц мельче 0,1 мм. Современные магнитные и электростатические сепараторы не позволяют обеспечить качественной очистки волластонита от примесей при таком широком диапазоне класса крупностью (-3+0,1 мм) материала, содержащего, кроме того, большое количество мелких частиц (мельче 0,1 мм).

6

Кроме того, верхняя граница класса крупности материала, подаваемого на первую стадию магнитной сепарации, значительно превышает границу крупности материала, при которой происходит максимальное раскрытие сростков минералов. Проходя через магнитный сепаратор, материал, содержащий большое количество частиц с нераскрытыми сростками минералов, попадает либо в готовый продукт и после домола загрязняет его, либо - в отходы, снижая извлечение волластонита из руды.

Известен также способ обогащения волластонитовой руды, включающий крупное дробление руды на первой стадии, последующую непосредственно после крупного дробления рентгенолюминесцентную сепарацию, в результате которой происходит отделение бедной (пустой) породы - хвостов. Непосредственно после рентгенолюминесцентной сепарации производится сушка оставшейся после удаления хвостов руды с последующим ее средним дроблением. Затем производят классификацию материала по классам крупности, которая состоит только в грохочении материала. После грохочения материал класса крупности + dp направляют на доизмельчение, материал класса крупности $1 < d_{\max}/d_{\min} \leq 5$ подвергают сначала магнитной сепарации на ленточном конвейере и затем на валковом магнитном статоре. Материал, имеющий после грохочения класс крупности -0,1 dp после воздушной классификации выводят как готовый продукт. Сразу же после магнитной сепарации и вывода инструментального железа, граната, пироксена и т. д. производят электрическую сепарацию (RU № 2292963, С1, кл. B07B 13/00, 9/00, 10.02.2007).

К недостаткам относится то, что рентгенолюминесцентная сепарация производится непосредственно после крупного (первого) дробления руды, при этом происходит значительный вывод волластонита в хвосты (при мерно, 20-25 %). Пылевидные части материала забираются только при грохочении и не забираются на предшествующих ему стадиях дробления вследствие чего происходит потеря данного волластонитосодержащего материала.

В качестве готового продукта (Воксил М 100 и Воксил А) отбираются пылевидные частицы материала сразу же после грохочения, не пройдя ни магнитную, ни электростатическую сепарацию. Вследствие этого продукт содержит большое количество примесей (гранаты, кальциты, пироксены, кварциты и др.), имеющихся в исходной руде.

Отсутствие дополнительной сушки материала перед электростатической сепарацией обуславливает слипание частиц материала; кроме того, присутствие влаги во время электростатической сепарации препятствует поляризации частиц материала, что снижает качество сепарации.

Следует также отметить, что в известном способе отсутствует операция снятия электростатического заряда с частиц волластонита, приобретенного ими при электростатической сепарации и измельчении; это приводит к соединению частиц за счет взаимодействия разноименных полюсов и, соответственно, ухудшению качества продукта.

Известен также способ обогащения волластонитовой руды, включающий крупное и среднее дробление руды, сушку материала, рентгенолюминесцентную сепарацию дробленого материала, классификацию материала по классам крупности, магнитную сепарацию на ленточном конвейере, магнитную сепарацию на валковом магнитном сепараторе с отделением волластонитового концентрата различной крупности от примесей, измельчение, а также отбор пылевидных частиц материала, сушку материала производят в промежутке между крупным и средним дроблением, а рентгенолюминесцентную сепарацию осуществляют после стадии среднего дробления, классификацию по классам крупности проводят непосредственно после рентгенолюминесцентной сепарации путем последовательного проведения ударного измельчения, магнитной сепарации на ленточном конвейере и воздушной классификации, после чего осуществляют магнитную сепарацию на валковом сепараторе, отбор пылевидных частиц материала осуществляют на стадиях крупного и среднего дробления, а также ударного измельчения руды, при этом все отобранные пылевидные частицы подают на один из вал-

ков магнитного сепаратора; могут осуществлять сушку волластонитового концентрата одной или более крупности, после чего производят электростатическую сепарацию высушенного концентрата с отделением от него примесей, затем осуществляют воздушную классификацию полученного после электростатической сепарации продукта с разделением его на фракции с различной крупностью; одну или более фракций продукта дополнительно могут измельчать, после чего осуществляют снятие электростатического заряда (RU № 2383398, С1, кл. B07B 9/00, 10.03.2010).

К недостаткам известного решения относятся следующие. Волластонитовый продукт ВК1 различной крупности получают путем крупного измельчения исходной руды; сушки; среднего дробления; рентгенолюминесцентной сепарации, после которой в передел идут отдельные куски материала с содержанием примесей до 90 %; ударного измельчения в роторной быстроходной мельнице, после чего на ленточном конвейере с магнитным шкивом осуществляют магнитную сепарацию, в ходе которой отделяется инструментальное железо и сильномагнитные примеси; оставшийся материал разделяют по классам крупности при помощи воздушной классификации. Затем осуществляют магнитную сепарацию на валковом магнитном сепараторе. То есть на магнитную сепарацию подается материал после рентгенолюминесцентной сепарации с содержанием в отдельном куске примесей до 90 %. Среди примесей имеются немагнитные минералы: гроссуляр, диопсид, альбит и другие, - которые магнитной сепарацией от волластонита не отделяются. Так же на валок магнитного сепаратора вместе с мелким материалом подают пылевидные частицы материала, которые отбирают с помощью аппарата «Циклон» на стадиях крупного и среднего дробления, а также ударного измельчения руды. Однако валковые магнитные сепараторы не позволяют обеспечить качественной очистки волластонита от примесей при большом количестве мелких частиц (мелче 0,1 мм). Вследствие этого продукт ВК1 содержит большое количество примесей.

Поскольку рентгенолюминесцентная сепарация производится на кусках руды 30-40 мм при размере зерен минералов менее 1 мм, происходит значительный вывод волластонита в хвосты.

Заявителем при проведении поиска не выявлены технические решения, тождественные заявленному изобретению. Проведенный анализ известных источников заявителем, не выявивший источники информации, в которых содержались бы сведения о влиянии отличительных признаков изобретения на достигаемый технический результат, позволяет говорить о соответствии предлагаемого изобретения критерию новизна и изобретательский уровень.

Технической задачей изобретения является уменьшение вывода волластонита в отходы, а также улучшение качества готового продукта за счет снижения количества вредных примесей.

Технический результат достигается в способе сухого обогащения волластонитовой руды, включающий крупное дробление руды с рассевом и ручную рудоразборку с выводом в отходы не содержащих волластонита кусков, среднее дробление руды, сушку и последующий рассев с разделением материала по классам крупности, затем осуществляют рентгенолюминесцентную сепарацию средних классов с выводом в отходы не содержащих волластонит кусков, затем осуществляют мелкое ударное дробление и последующий рассев с классификацией по классам крупности, затем производят оптическую сепарацию мелких классов по форме, размеру, блеску и разделением волластонитового концентрата на обычную и игольчатую разности с выводом в отходы не содержащих волластонита кусков монохромным, цветным, оптическим, близким инфракрасным или ультрафиолетовым способом, затем дополнительно производят измельчение и рассев, последующую магнитную сепарацию осуществляют на стержневом магнитном сепараторе, затем производят сушку с нагреванием и трением о трибо зарядную поверхность и последующую сепарацию в электростатическом сепараторе с выводом в отходы не содержащих волластонит фракций на одной и более фракций продукта, полученные в результате электростатической сепарации волластонитовые концен-

траты одной или более фракций дополнительно измельчают и разделяют на узкие классы по размеру частиц, причем с этапа оптической сепарации измельчение и обогащение материала осуществляют одним объединенным потоком или раздельными потоками для обычной и игольчатой разностей волластонита, при этом улавливание пылевидных частиц материала с последующей подачей пылевидного материала на магнитную сепарацию на стержневых магнитных сепараторах производят со всех постов крупного, среднего и мелкого дробления, классификации, транспортировки и пересыпке материала.

Полученные в результате использования предлагаемого изобретения позволяет получить в результате обогащения волластонитовые концентраты, имеющие содержание волластонита, химическая формула CaSiO_3 , как сумма показателей $\text{CaO} + \text{SiO}_2$ при химическом или аналогичном анализе не менее 90 %.

Применение предлагаемого изобретения позволит:

- существенно уменьшить вывод волластонита в отходы, поскольку каждому размеру куска обогащаемого материала соответствует определенный вид сепарации, при этом в отходы выводится материал с нулевым содержанием волластонита, а сростки минералов предыдущей сепарации вскрываются при очередном дроблении и проходят последующую сепарацию;

- произвести оптическую сепарацию мелких классов одним или более способами: монохромный, цветной оптический, близкий инфракрасный, ультрафиолетовый, по форме, по размеру, по блеску и другим - с выводом в отходы не содержащих волластонита кусков, а при необходимости также разделением материала на две разности волластонита с обычной формой частиц и с игольчатой;

- повысить качество пылевидных частиц материала, забираемого на всех пунктах пыления и подвергающихся сепарации магнитных фракций на стержневых магнитных сепараторах непосредственно в пылепроводах.

На чертеже на фиг. 1 представлена схема обогащения волластонитовой руды.

11

В качестве сырья используют волластонитовую руду месторождения «Кара-Корум-2» (Кыргызская Республика) с содержанием волластонита не менее 40 %.

Способ осуществляется следующим образом.

1. В щековой дробилке осуществляют крупное дробление руды до размера -100 мм.

2. Затем осуществляют рассев. Материал -50 мм подают на следующую стадию рассева, а материал +50 мм подают на ручную рудоразборку, где куски пустой породы выводятся в отвал, а куски волластонита и сростки подаются на среднее дробление.

3. После среднего дробления материал при необходимости подсушивают и дополнительно подвергают рассеву, где материал +50 мм возвращается на додрабливание, материал -20 мм направляется на мелкое дробление.

4. Материал 20-50 мм поступает на рентгенолюминесцентную сепарацию, где куски пустой породы выводятся в отвал, а куски волластонита и сростки направляются на мелкое дробление.

5. Мелкое дробление осуществляют в дробилке ударного действия, после чего материал дополнительно подвергают рассеву, где материал +3 мм возвращают на додрабливание, материал -1 мм направляется на следующую стадию измельчения.

6. Далее материал 1-3 мм подвергают оптической сепарации одним или более способами: монохромный, цветной оптический, близкий инфракрасный, ультрафиолетовый, по форме, по размеру, по блеску и другим - с выводом в отходы не содержащих волластонита кусков и при необходимости разделением волластонитового материала на обычную и игольчатую разности продукта.

7. Затем производят измельчение материала в мельнице ударного действия после чего его подвергают рассеву. Материал +0,5 мм возвращается на доизмельчение.

8. Материал -0,1 мм соединяют с продуктами пылеулавливания всех предыдущих пунктов, и подается на магнитную сепарацию на стержневой магнитный сепаратор, а материал 0,1-0,5 мм подвергается магнитной и электромагнитной сепарации, при этом магнитные фракции выводятся в отвал.

12

9. Затем материал подвергают сушке с нагревом и трению о трибозарядный наклонный лоток для придания ему трибостатического заряда.

10. Затем осуществляют сепарацию в электростатическом сепараторе с выводом в отходы не содержащих волластонит фракций и разделением волластонита на обычную и игольчатую разности продукта.

11. Полученные в результате электростатической сепарации волластонитовые концентраты «Вокар» и «Вокар-И» одной или более фракций продукта могут быть дополнительно измельчены и разделы на узкие классы по размеру частиц; одна и более фракций продукта может быть покрыта поверхностно-активными веществами; на одной и более фракциях продукта может быть снят электростатический заряд.

12. Со всех постов, выделяющих пыль: крупное, среднее и мелкое дробление, классификация, транспортировка и пересыпка материала и другие, - производят улавливание пылевидных частиц материала с последующей подачей пылевидного материала на магнитную сепарацию на стержневых магнитных сепараторах.

13. С этапа оптической сепарации измельчение и обогащение материала осуществляют одним объединенным потоком либо раздельными потоками для обычной «Вокар» и игольчатой «Вокар-И» разностей волластонита.

В зависимости от качества пылевидного материала (-0,1 мм), магнитная сепарация пылевидного материала и материала 0,1-0,5 мм после доизмельчения на стержневом магнитном сепараторе могут быть проведены объединённым потоком либо раздельными потоками для пылевидной, обычной «Вокар» и игольчатой «Вокар-И» разностей волластонита.

Полученные в результате обогащения волластонитовые концентраты «Вокар» и «Вокар-И» имеют содержание волластонита, химическая формула CaSiO_3 , как сумма показателей $\text{CaO}+\text{SiO}_2$ при химическом или аналогичном анализе не менее 90 %.

Для реализации изобретения используется обычное стандартно-изготавливаемое обогатительное и вспомогательное оборудование.

13

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Способ сухого обогащения волластонитовой руды, включающий крупное дробление руды, сушку материала, среднее дробление руды, рентгенолюминесцентную сепарацию дробленого материала, классификацию материала по классам крупности путем последовательного проведения ударного измельчения, магнитной сепарации с отделением волластонитового концентрата различной крупности от примесей, измельчение, отбор пылевидных частиц материала, которые подают на магнитную сепарацию сушку волластонитового концентрата одной или более крупностей с отделением от него примесей и электростатическую сепарацию высушенного концентрата с разделением его на фракции с различной крупностью, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что после крупного ударного дробления дополнительно осуществляют рассев, затем осуществляют ручную рудоразборку с выводом в отходы не содержащих волластонита кусков, после среднего ударного дробления дополнительно осуществляют сушку и последующий рассев с разделением материала по классам крупности, затем осуществляют рентгенолюминесцентную сепарацию средних классов с выводом в отходы не содержащих волластонит кусков, затем осуществляют мелкое ударное дробление и последующий рассев с классификацией по классам крупности, затем производят оптическую сепарацию мелких классов с выводом в отходы не содержащих волластонита кусков и разделением волластонитового концентрата на обычную и игольчатую разности, затем дополнительно производят измельчение и рассев, последующую магнитную сепарацию осуществляют на стержневом магнитном сепараторе, затем производят сушку с нагреванием и трением о трибозарядную поверхность и последующую сепарацию в электростатическом сепараторе с выводом в отходы не содержащих волластонит фракций, причем улавливание пылевидных частиц материала с послед-

14

дующей подачей пылевидного материала на магнитную сепарацию на стержневых магнитных сепараторах производят со всех постов крупного, среднего и мелкого дробления, классификации, транспортировки и пересыпке материала.

2. Способ по п. 1, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что оптическую сепарацию мелких классов руды 1-3 мм осуществляют одним или более способами, выбранными из ряда монохромный, цветной оптический, ближний инфракрасный, ультрафиолетовый.

3. Способ по п. 2, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что оптическую сепарацию мелких классов руды производят по форме, размеру, блеску.

4. Способ по п. 2, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что оптическую сепарацию мелких классов руды осуществляют с разделением волластонитового материала на обычную и игольчатую разности продукта.

5. Способ по п. 1, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что снятие электростатического заряда в электростатическом сепараторе осуществляют на одной и более фракций продукта.

6. Способ по п. 1, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что полученные в результате электростатической сепарации волластонитовые концентраты одной или более фракций дополнительно измельчают и разделяют на узкие классы по размеру частиц.

7. Способ по п. 1, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что полученные в результате электростатической сепарации волластонитовые концентраты одной или более фракций покрывают поверхностью-активными веществами.

8. Способ по п. 1, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что с этапа оптической сепарации измельчение и обогащение материала осуществляют одним объединенным потоком.

9. Способ по п. 1, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что с этапа оптической сепарации измельчение и обогащение материала осуществляют раздельными потоками для обычной и игольчатой разностей волластонита.

Способ сухого обогащения волластонитовой руды

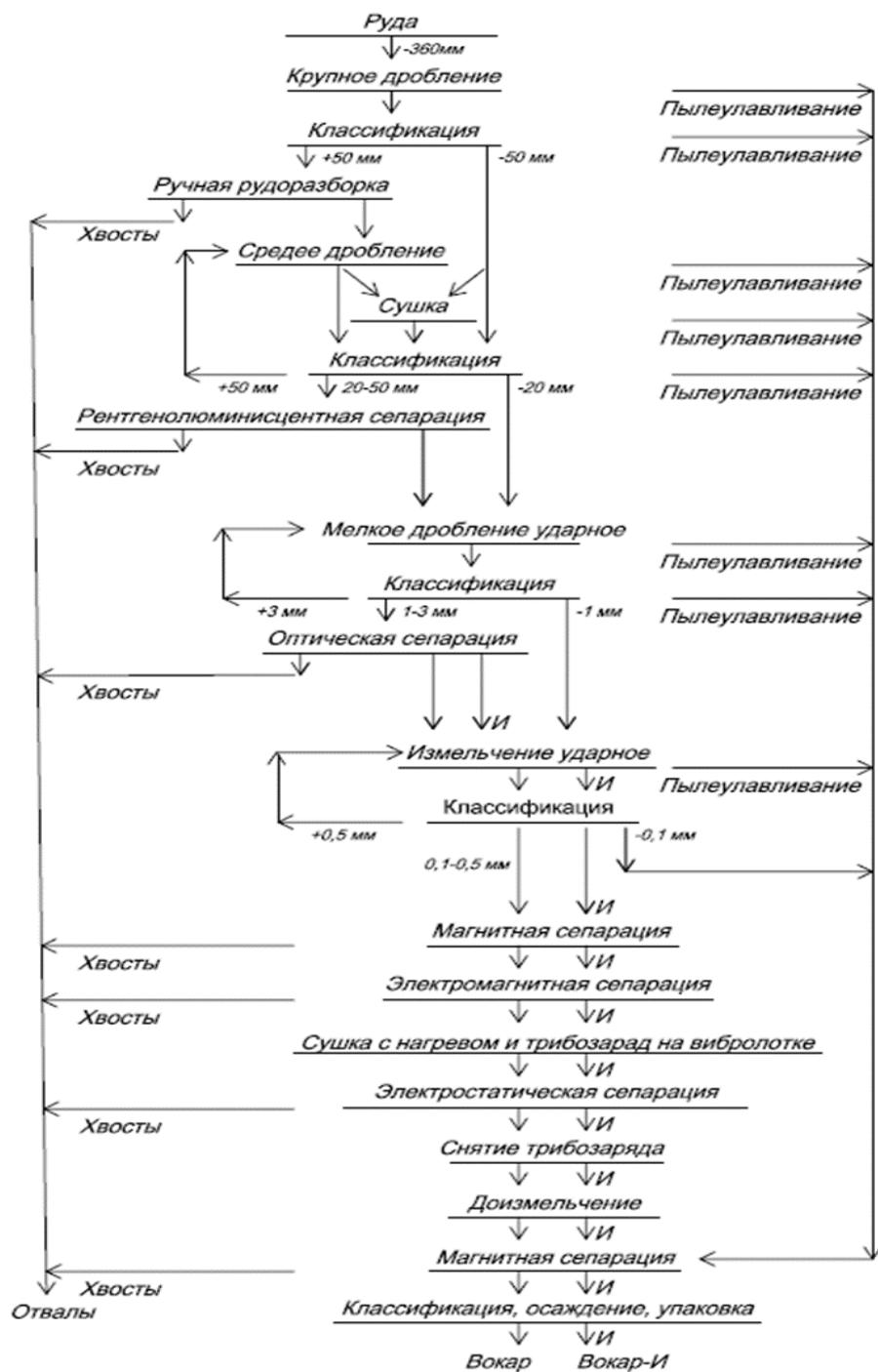


Рис. 1. Схема обогащения волластонитовой руды

Выпущено отделом подготовки официальных изданий