

*Лекция №8*

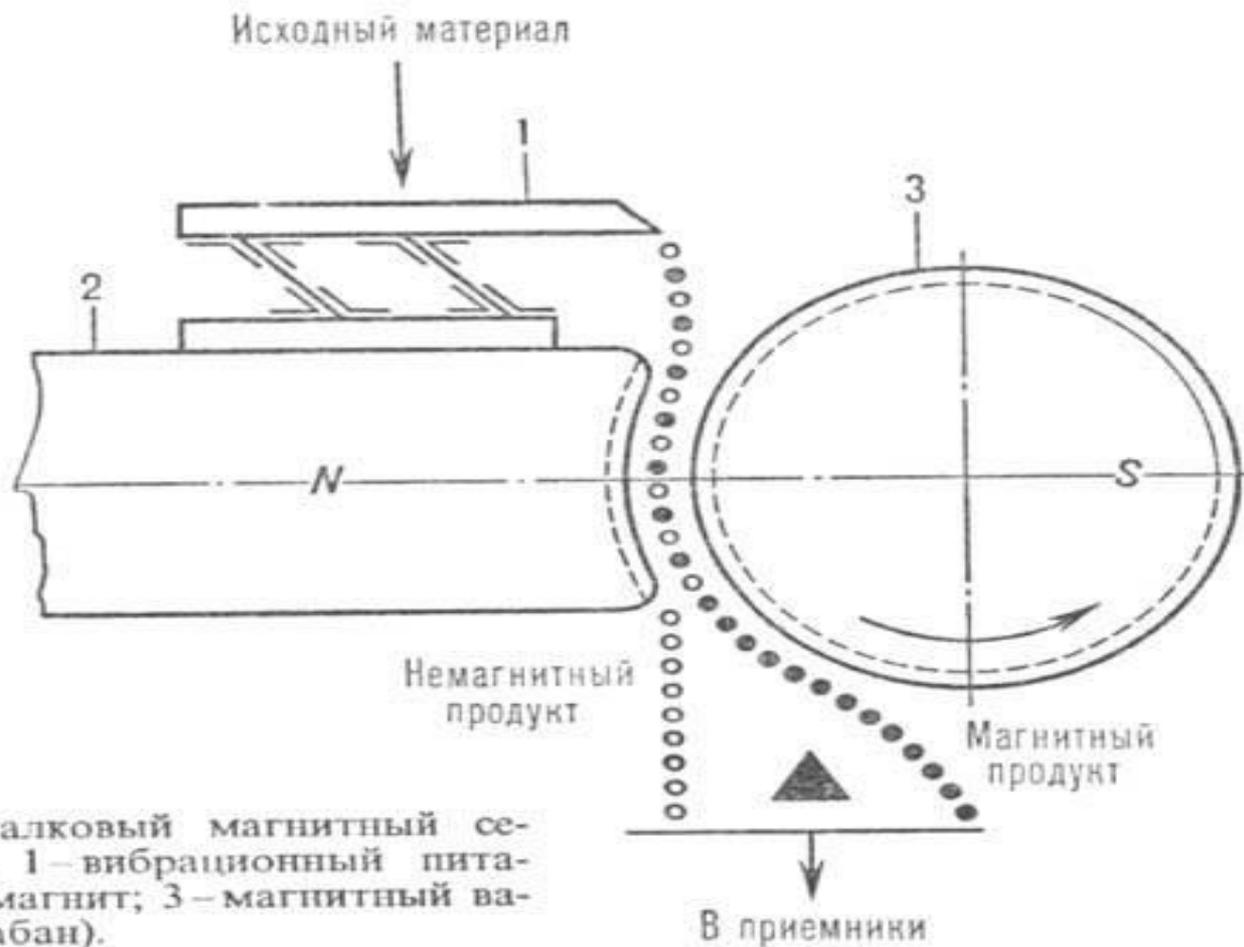
# ***СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ***

Специальные методы классифицируются на следующие виды:

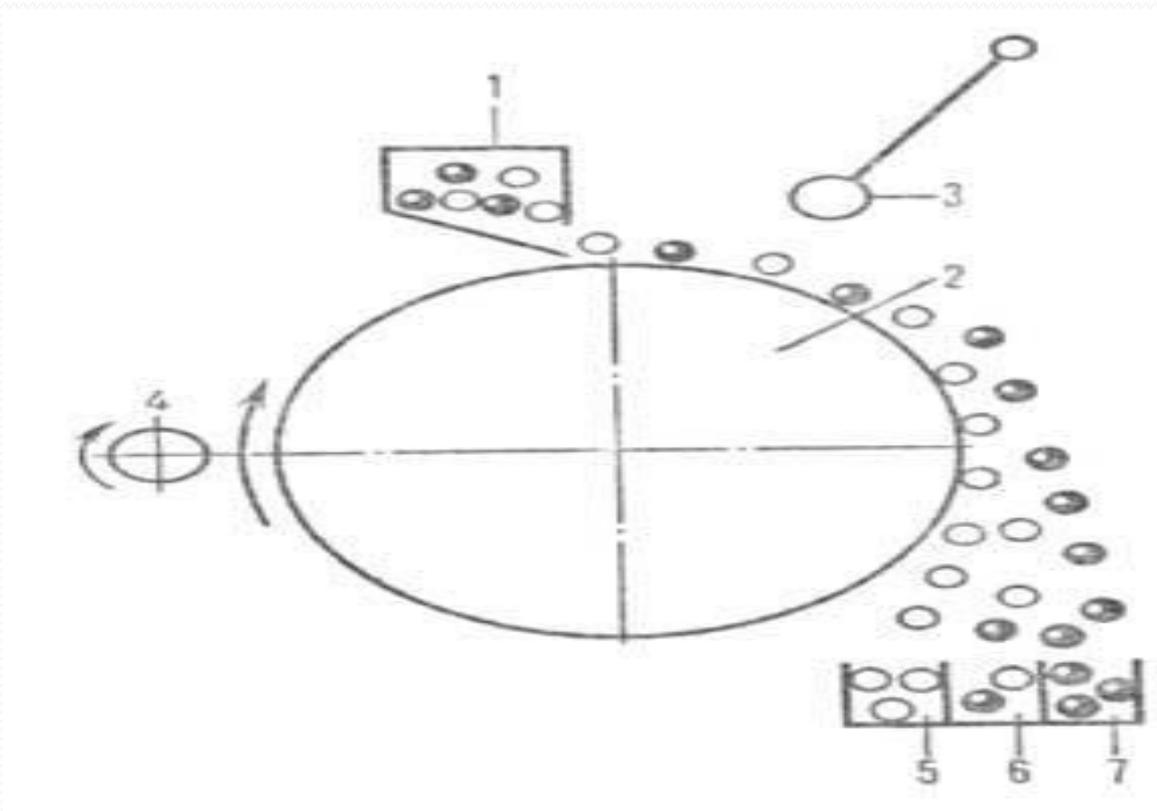
1. Магнитное и электрическое обогащение
2. Сортировка;
3. Обогащение с использованием эффектов взаимодействия кусков разделяемых компонентов с рабочей поверхностью сепаратора;
4. Обогащение на основе селективно направленного изменения размеров кусков компонентов полезного ископаемого;
5. Обогащение на основе разницы в поверхностных свойствах разделяемых минералов.

**Магнитное обогащение (магнитная сепарация)** основано на использовании различий в магнитных свойствах компонентов разделяемой мех. смеси (минералов, их сростков и др.) с размером частиц до 100, иногда до 150 мм в неоднородном постоянном или переменном магн. поле. Процесс осуществляют в водной или воздушной среде в валковых, барабанных, роторных и иных магн. сепараторах. По магн. св-вам все материалы на практике подразделяют на сильномагнитные (напр., магнетит, франклит, пиротин, мартит), магнитные (напр., ильменит, гематит, хромит), слабомагнитные (напр., глауконит, доломит, пирит) и немагнитные (напр., полевой шпат, апатит, кварц, галенит). В магн. поле сепаратора магн. частицы материалов намагничиваются и притягиваются к полюсам магнита (электромагнита); частицы немагнитных материалов не намагничиваются и свободно выводятся из аппарата.

Магн. сепарацию широко применяют при обогащении железных, марганцевых, медно-никелевых руд и руд редких металлов (преим. для перечистки чистовых концентратов и доводки коллективных, т. е. содержащих неск. ценных компонентов). Магнитному обогащению железных руд иногда предшествует т. наз. магнетизирующий обжиг слабомагнитных минералов в кипящем слое в присут. газов-восстановителей; при этом гематит  $F_2O_3$ , сидерит  $FeCO_3$  и бурый железняк  $F_2O_3 \cdot nH_2O$  переводятся в более магн. оксид железа(II, III)  $Fe_3O_4$ .



**Электрическое обогащение (электрическая сепарация)** основано на различии в электрич. св-вах (электрич. проводимости, диэлектрич. проницаемости, способности заряжаться при трении и т. д.) компонентов ископаемого сырья. Воздействие на него электрич. поля, создаваемого в сепараторе электродами с высокой разностью потенциалов, обуславливает неодинаковые электрич. заряды минер. частиц и их разделение. При сепарации по электрич. проводимости хорошо проводящие электрич. ток частицы получают одноименный заряд, соприкасаясь с электродом, и отталкиваются от него; остальные частицы практически не заряжаются. Обогащение по электрич. проводимости осуществляется успешно, если компоненты минер. смеси значительно отличаются один от другого этим св-вом. Напр., проводники (антрацит, галенит, магнетит и др.) хорошо отделяются от полупроводников (боксит, касситерит, сфалерит и др.) и непроводников (алмаз, апатит, кварц и др.).



Барабанный электростатический сепаратор: 1-бункер для исходного материала; 2-заряженный барабан; 3-ци-линдрич. электрод; 4-устройство для очистки барабана; 5-7-приемники соотв. для непроводников, полупроводников и проводников.

# ***СОРТИРОВКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ***

К основным способам сортировки относятся:

1. Ручная сортировка (породовыборка , рудоразборка, углесортировка).
2. Механизированная сортировка, включающая процессы с общим названием радиометрические методы обогащения.

## ***РУЧНАЯ СОРТИРОВКА***

Ручная сортировка применяется:

- когда не могут быть применены механическое или химическое обогащение;
- когда механические процессы не обеспечивают необходимого качества разделения, например, при отборке драгоценных камней, листовой слюды, длинноволокнистого асбеста и других минералов;
- перед дроблением для выделения крупнокусковой породы при добыче и обогащении полезных ископаемых.

При ручной сортировке используют различия в цвете, блеске, форме, структуре разделяемых минералов т.е. внешние проявления результата взаимодействия видимого излучения с поверхностью кусков

## ***МЕХАНИЗИРОВАННАЯ СОРТИРОВКА***

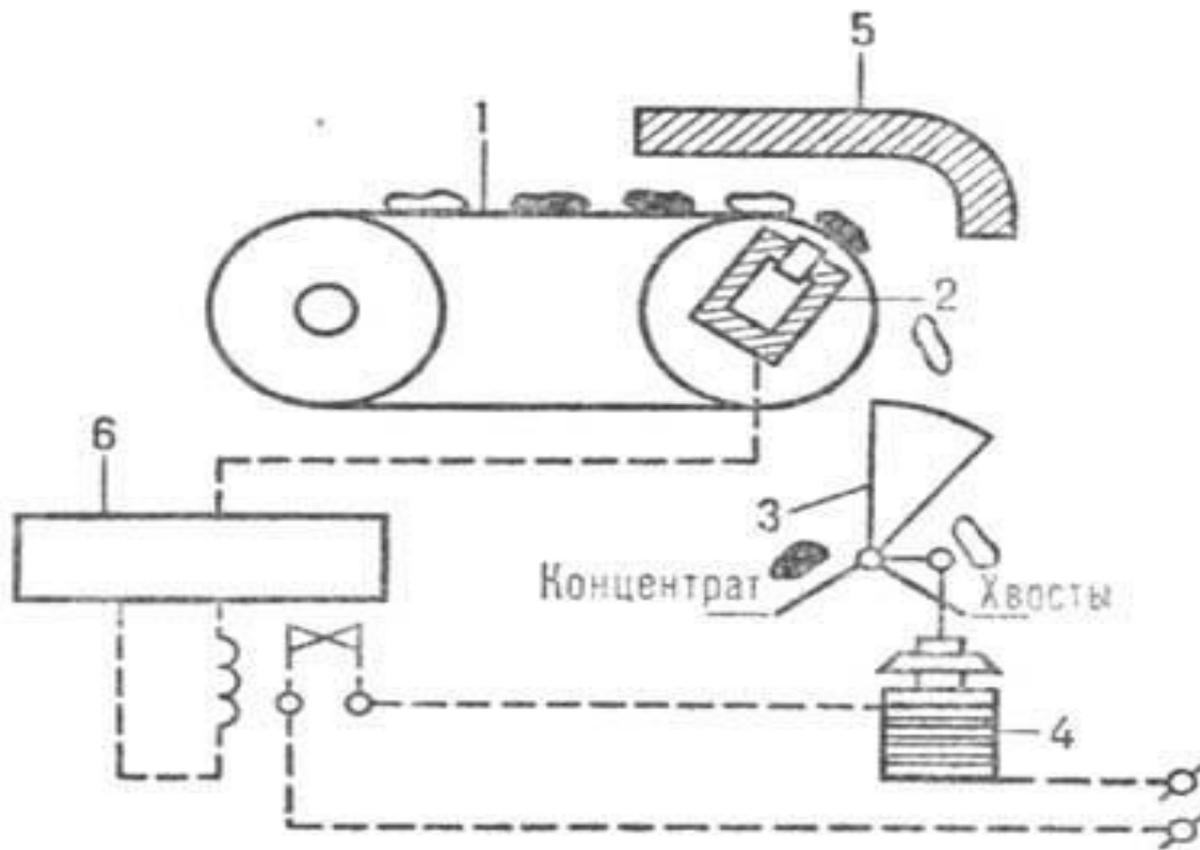
Механизированная сортировка (радиометрическое обогащение) применяется для предварительного обогащения, а также в качестве основных и доводочных обогатительных операций при переработке руд черных, цветных, редких и благородных металлов, алмазосодержащих и других неметаллических полезных ископаемых.

Радиометрические методы обогащения основаны на различиях в способности минералов испускать, отражать или поглощать излучения.

Различают два вида радиометрического обогащения: обогащение радиоактивных руд, минералы которых сами испускают излучение, и обогащение нерадиоактивных руд, минералы которых не обладают естественной радиоактивностью.

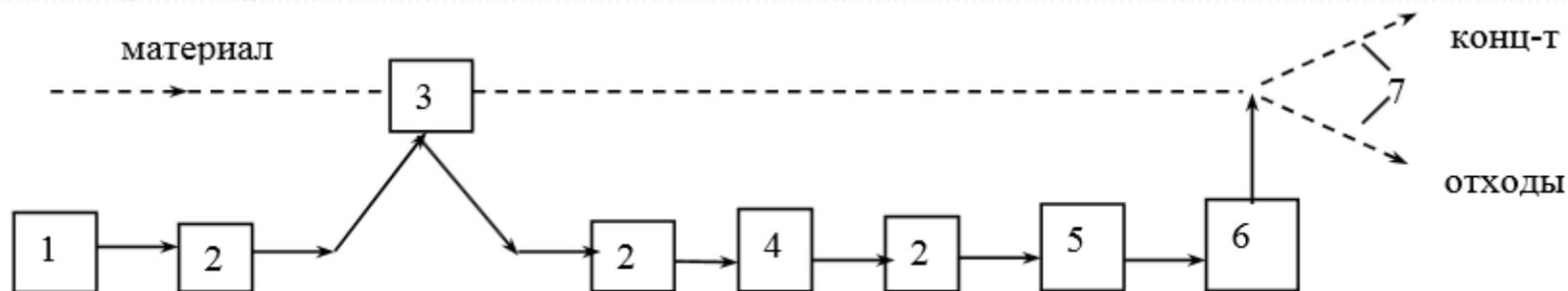
В первом случае разделительным признаком является интенсивность естественного излучения разделяемых минералов. Во втором необходим источник первичного принудительного излучения, и разделительным признаком является интенсивность вторичного сигнала взаимодействия этого излучения с разделяемыми минералами.

Принципиально радиометрическую сепарацию можно представить следующим образом. По ленте или вибрационному лотку монослоем перемещаются куски материала, обладающие различной интенсивностью, например гамма-излучения. Интенсивность измеряют с помощью специального устройства, передающего сигналы через усилитель на исполнительный механизм-автомат, который отделяет куски или фракции с повышенной или пониженной интенсивностью излучения. Радиометрическое обогащение осуществляют на сепараторах, основными узлами которых являются конвейер, подающий материал в зону измерения интенсивности излучения; электронная система, называемая радиометром, в котором под воздействием излучения появляются электрические импульсы; сортирующий механизм, разделяющий материал на концентрат и хвосты в зависимости от сигналов, поступающих от радиометра. При обогащении нерадиоактивных минералов необходимо, кроме того, внешний источник для облучения минералов.



Радиометрический сепаратор: 1 - ленточный конвейер; 2-датчик радиометра; 3-разделяющий шиберный механизм; 4 - электромагнит, поворачивающий шибер; 5-экран; 6-радиометр.

На руду, перемещаемую в пространстве (3), действует какое либо излучение от источника (1); сигнал, возникающий от взаимодействия минералов с этим излучением, улавливается приемником (4); информация передается в специальный прибор-радиометр (5), где обрабатывается и подается команда на исполнительный механизм (6), направляющий кусок или в сборник концентрата или в сборник отходов. Для отсеечения посторонних сигналов в схеме предусматривается установка фильтров (2).



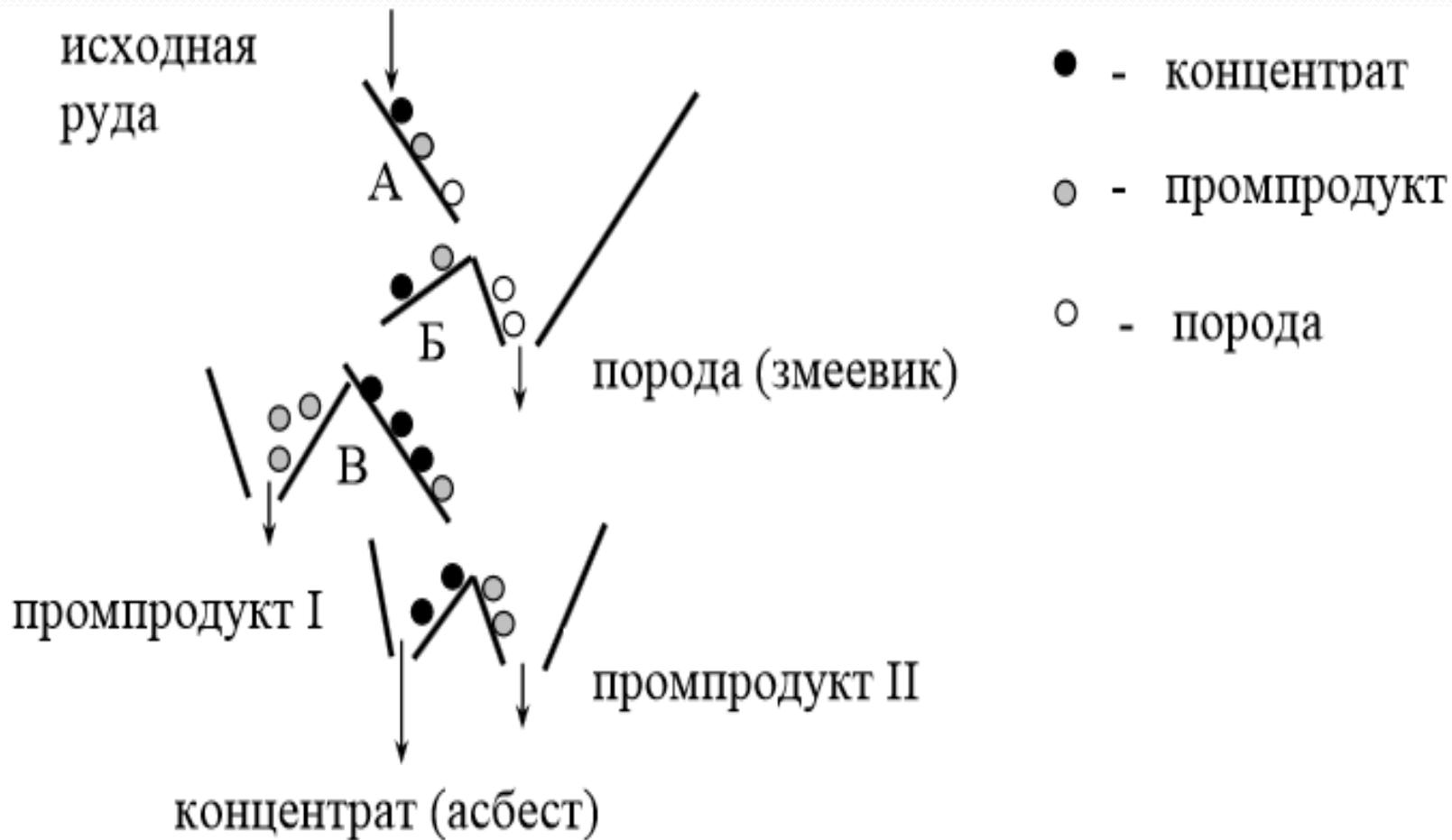
Принципиальная схема радиометрического обогащения: 1 -источник воздействия; 2-фильтрующий элемент; 3-объект (порция, частица, кусок); 4-приёмник воздействия; 5 -узел обработки информации; 6-узел вывода порции (объекта) из потока; 7-траектория движения объектов

## **ОБОГАЩЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КУСКОВ РАЗДЕЛЯЕМЫХ КОМПОНЕНТОВ**

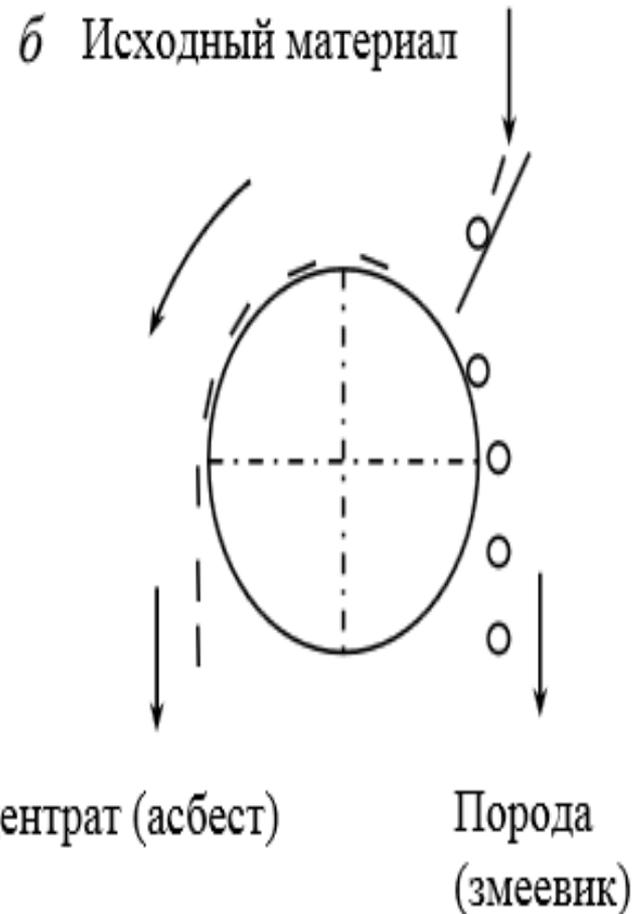
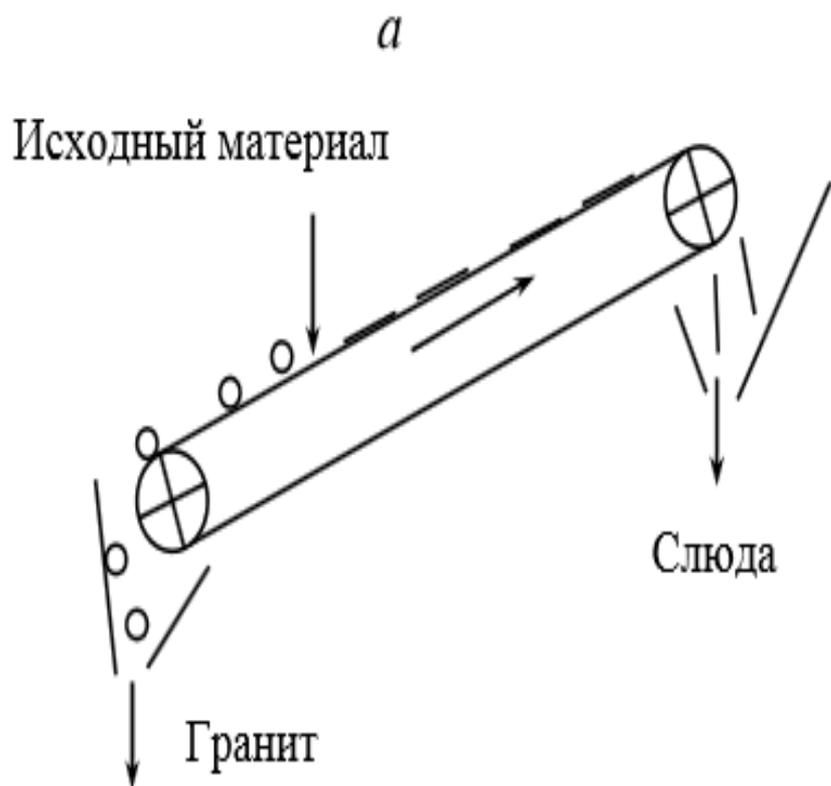
1. Обогащение по упругости;
2. Обогащение по трению;
3. Комбинированное обогащение по трению и упругости;
4. Обогащение по форме;
5. Термоадгезионный метод обогащения;
6. Обогащение на жировых поверхностях.

Разделительный процесс в данной группе методов идёт с использованием объёмных или поверхностных свойств в одну операцию. К факторам, влияющим на процесс разделения, относятся изменение формы разделяемых кусков содержание сростков, влажность минералов.

**Обогащение по трению и форме** основано на использовании различий в скоростях движения разделяемых частиц на плоскости под действием разл. сил. Скорость движения частиц по наклонной плоскости (при заданном угле наклона) зависит от состояния поверхности самих частиц, их формы, размера, влажности, плотности, св-в поверхности, по которой они перемещаются, характера движения (качение или скольжение), а также среды, в которой происходит разделение. Частицы могут перемещаться под действием силы тяжести (при движении по наклонной плоскости), центробежной силы (при движении по горизонтальной плоскости вращающегося диска) и в результате комбинированного действия сил тяжести, центробежной и трения (винтовые сепараторы, см. ниже). Для эффективного разделения этим методом необходима узкая классификация материала по размерам частиц. Обычно обогащение по трению и форме применяют для ископаемого сырья с размером частиц 10-100 мм и осуществляют в устройствах с неподвижной (наклонные плоскости, винтовые сепараторы) и подвижной (барабанные, ленточные, дисковые, вибрационные сепараторы и грохоты) рабочей поверхностью. Напр., плоскостные сепараторы используют для обогащения слюды, винтовые - для обогащения слюды, вольфрамита, касситерита и магнетита, ленточные - для разделения тонких абразивных порошков на фракции разной формы и отделения мелкого техн. графита от пластинок слюды, вибрационные - для разделения по размерам частиц порошкообразных материалов.

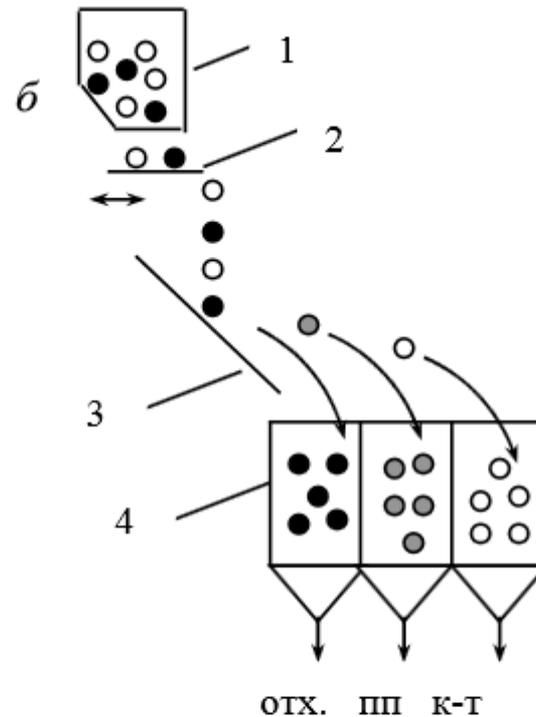
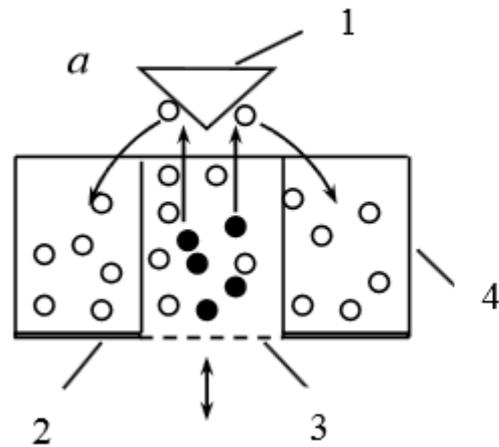


Сепаратор для обогащения по трению «Горка»



Сепараторы трения: *a* - ленточный; *б* – барабанный

**Обогащение по упругости** основано на различии траекторий, по которым отбрасываются частицы минералов с неодинаковой упругостью при падении на плоскость. Такое разделение частиц применяют при обогащении строительных материалов (щебня, гравия и др.) и осуществляют, как правило, в барабанных сепараторах. Для обогащения гравия иногда используют сепараторы с наклонной плитой. Падая на нее, более упругие частицы отражаются под большим углом с большей скоростью; менее упругие непрочные частицы отражаются незначительно и попадают в соответствующие приемники.



- - ОТХОДЫ
- - промпродукт
- - обогащенный гравий

### Схемы сепараторов:

*a* - схема вибрационного сепаратора; 1- угольный отражатель; 2 – приёмники материала; 3 – днище из упругой сетки; *б* – сепаратор с неподвижной рабочей поверхностью; 1 – бункер; 2 – вибропитатель; 3 – плита; 4 – приёмные бункера

Сепаратор представляет собой трёхсекционный короб, днище центральной части которого выполнено из упругой сетки (3), играющей роль разделяющей поверхности. Над центральной секцией короба установлен уголкового отражателя (1). При сообщении вибрации сепаратору и подаче питания на упругую сетку куски полезного ископаемого, имеющие большую упругость, достигают уголкового отражателя (1) и, отражаясь от него, попадают в приёмники (2). Куски, которые имеют малую упругость, поднимаются на меньшую высоту и, не достигая уголкового отражателя (1), остаются в центральной секции сепаратора и разгружаются на сходе с неё.

Схема сепаратора с неподвижной рабочей поверхностью представлена на рис. 1. б. В этом сепараторе исходный материал из бункера (1) по вибропитателю (2) монослоем подаётся на плиту (3). Частицы, имеющие большую упругость, отражаясь от плиты получают большую скорость, движутся по более пологой траектории и пролетают большее расстояние. Менее упругие частицы движутся по более крутой траектории и падают в ближний приёмник (4). Промпродукт возвращается в начало процесса.

**Обогащение на жировых поверхностях (жировой процесс)** основано на избират. закреплении нек-рых минералов на пов-сти, покрытой слоем жира. При протекании минер. пульпы по слою жирового покрытия гидрофобные частицы прилипают к ней, а гидрофильные удаляются потоком воды в хвосты. Этот процесс в осн. используют в операциях доводки первичных (черновых) алмазных концентратов, выделяемых при обогащении алмазосодержащего сырья. Жировыми покрытиями служат смеси, в состав к-рых в зависимости от св-в руды и т-ры воды в разных соотношениях входят нефть и машинное масло, иногда вазелин, парафин и др. Процесс осуществляют на т. наз. жировых столах. Непрерывно действующий стол оборудован бесконечной резиновой лентой шириной 1 м, натянутой на два барабана, к-рые смонтированы на раме, установленной на пружинных опорах; стол может совершать колебания в плоскости потока; слой жира с прилипшими частицами снимается скребком под разгрузочным барабаном.



Схема обогащения алмазосодержащих россыпей

## Термоадгезионный метод обогащения

Этот метод включает две технологические операции:

- селективный нагрев разделяемых компонентов;
- селективное закрепление различно нагретых компонентов на термопластичной поверхности.

Селективный нагрев компонентов основан на их различии в оптических, тепловых, электрических свойствах. В качестве нагревателей могут быть использованы источники инфракрасного, индукционного, сверхвысокочастотного излучения.

Селективное закрепление различно нагретых компонентов осуществляется на термочувствительной поверхности за счёт её размягчения. Фиксация происходит при охлаждении места контакта частицы и термочувствительной поверхности.

## ОБОГАЩЕНИЕ НА ОСНОВЕ СЕЛЕКТИВНО НАПРАВЛЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ РАЗМЕРОВ КУСКОВ КОМПОНЕНТОВ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО

1. Избирательное дробление;
2. Избирательное измельчение;
3. Промывка полезных ископаемых;
4. Оттирка полезных ископаемых;
5. Декрипитационное разрушение;
6. Термохимическое разрушение;
7. Изменение размеров частиц с помощью термообработки.

**Избирательное дробление** применимо для полезных ископаемых, имеющих крупные агрегаты ценного компонента, которые отличаются по прочности от вмещающих пород. К таким полезным ископаемым следует отнести угли, бурожелезняковые руды, железные руды КМА асбестосодержащие руды, калийные руды и др.

Эффективность дробления определяется кинетической энергией, преобразуемой в работу разрушения при столкновении движущегося материала с преградой. Количество энергии  $E$ , затрачиваемой на разрушение, определяется массой  $m$  и скоростью движения куска  $V$ .

$$E = mV^2/2$$

**Избирательное измельчение**, как и избирательное дробление, использует различия в прочности компонентов полезного ископаемого.

**Промывка** используется при обогащении рассыпных месторождений редких и благородных металлов, руд черных металлов (железа, марганца), фосфоритов, каолинов, стройматериалов (песка, щебня), флюсов и т.д. Промывка полезных ископаемых играет роль обогатительной операции и применяется в качестве как предварительной, так и окончательной операции обогащения. В процессе промывки вначале осуществляется операция избирательного изменения размеров - дезинтеграция, а затем - разделение компонентов полезного ископаемого по крупности.

**Процессы оттирки** используют при переработке стекольных песков, горного хрусталя, полевых, хромитовых шпатов, хромитовых концентратов, искусственных минералов, а также при подготовке к флотации углей. В настоящее время оттирку минералов от загрязняющих пленок производят механическим, ультразвуковым и комбинированным способами.

**Декрипитация** - избирательное раскрытие, основанное на способности отдельных минералов разрушаться по плоскостям спайности при нагревании и последующем быстром охлаждении или только при нагревании. Процесс декрипитационного разрушения объясняется наличием кристаллизационной воды, газово-жидкий включений, низкой теплопроводностью отдельных минералов, ярко выраженной спайностью. К минералам, растрескивающимся при нагревании, относят альбий, берий, кальций, каменную соль и др. Температура растрескивания названных минералов различна и находится в пределах 400- 1100°С. Наиболее широкое применение процесс декрипитационного разрушения получил при переработке сподуменовых руд.

***Избирательное термохимическое разрушение*** применяют для руд, породная часть которых представлена карбонатами, например, кальцитом, магнезитом, сидеритом, а ценный компонент при этом представлен термически устойчивыми минералами - пироксеном, фторопатитом и др.

Обогащение с использованием избирательного изменения размеров компонентов осуществляется по следующей схеме: термическое разложение, гашение в воде огарка и последующая классификация, при которой в минусовый продукт выводят гидроокиси кальция, магния или железа.

***Метод термообработки*** заключается в нагревании обрабатываемого продукта до температуры плавления серы, образования водной эмульсии и последующего ее охлаждения.

## ОБОГАЩЕНИЕ НА ОСНОВЕ РАЗНИЦЫ В ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВАХ РАЗДЕЛЯЕМЫХ МИНЕРАЛОВ

- селективная коагуляция;
- селективная флокуляция;
- масляная агломерация, грануляция;
- адгезионное обогащение;
- амальгамация

**Коагуляция** -объединение частиц дисперсной фазы в агрегаты вследствие сцепления (адгезии) частиц при их соударениях. Процесс селективной коагуляции электролитами связан с изменением состояния двойного электрического слоя (ДЭС) угольных и (или) минеральных частиц суспензии.

**Селективная флокуляция** —совокупность процессов выборочной агрегации тонкодисперсных частиц полезных ископаемых в микрофлокулы крупностью 100-300 мкм с помощью реагентов -флокулянтов различной природы.

Последние, как правило, вводятся в водные дисперсии перерабатываемого тонкодисперсного материала, которые подвергаются интенсивной агитации в турбулентном режиме перемешивания гидросмеси.

**Адгезионное обогащение** - этот способ обогащения основан на избирательном адгезионном взаимодействии извлекаемого компонента с гидрофобной поверхностью в водной среде.

**Амальгамация** — метод извлечения металлов из руд растворением в ртути. Амальгаму отделяют от пустой породы и ртуть отгоняют. Амальгамацию применяют для извлечения серебра, золота, платины и других металлов из руд или концентратов.