

**РАДИОМЕТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ
ГЕОМАТЕРИАЛОВ ТЕХНОГЕННОГО УРАНОВОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

У статті проаналізована технологія використання відходів (відвалів гірських порід і за балансових руд). Також проведений аналіз радіометричних сепараторів, які дозволяють відділити чисту породу для використання в якості будівельного матеріалу другого класу.

**AEROPHARE EQUIPMENT FOR CONTROL OF TECHNOLOGICAL
PROCESSES OF PROCESSING OF GEOMATERIALS OF
TECHNOGENIC URANIUM DEPOSIT**

In article is analyzed technology of the use departure (the moldboards of the mountain rocks and off-balance ore). Is it also organized analysis radiometric separators, allowing separate pure rock for use as second-class building material.

Охрана окружающей среды, обеспечение экологической безопасности для жизнедеятельности человека задача, имеющая важное народно-хозяйственное значение. Создание экологических технологий особенно актуально для горных предприятий сырьевой базы атомной энергетики, относящейся к числу отраслей промышленности с наибольшим выходом различных отходов, включая радиоактивные, на единицу продукции.

Отходы горного производства - пустые породы, забалансовые по содержанию урана руды и хвосты кучного выщелачивания, содержащие естественные радиоактивные материалы, складировуются, как правило, на поверхности в отвалах.

Опыт работы горных предприятий показывает, что отходы их производств можно утилизировать по следующим основным направлениям:

- для строительства плотин, дамб, хранилищ для складирования отходов с последующей рекультивацией;
- для изготовления щебня;
- в качестве кладочного материала (в твердеющих и гидросмесях, а также сыпучей закладке) для заполнения выработанных пространств, образованных в процессе ведения горных работ;
- для заполнения выработанных пространств отработанных карьеров, воронок обрушения, различных оврагов и балок с последующей рекультивацией нарушенной поверхности.

Согласно требованиям норм радиационно-гигиенической безопасности и физико-механическим свойствам для гражданского и промышленного строительства могут быть использованы только пустые породы. Так, действующим Положением о радиационном контроле на объектах строительства и строительных материалов Украины последние разделены по величине допустимого уров-

ня суммарной удельной активности естественных радионуклидов ($A_{\text{сум}}$) на три класса.

Первый класс – строительные материалы используются для всех видов строительства без ограничений; $A_{\text{сум}}$ не должна превышать 370 Бк/кг.

Второй класс – строительные материалы для дорожного и промышленного строительства в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки; $A_{\text{сум}}$ выше 370, но ниже 740 Бк/кг.

Третий класс – строительные материалы используются вне населенных пунктов при строительстве подземных сооружений, покрытых слоем грунта толщиной более 0,5 м, где исключено длительное пребывание людей; $A_{\text{сум}}$ превышает 740, но ниже или равно 1350 Бк/кг. Если $A_{\text{сум}}$ превышает 1350 Бк/кг, вопрос о возможных сферах использования таких материалов решается в каждом случае отдельно.

Технология использования отходов (отвалов горных пород и забалансовых руд) в народном хозяйстве для промышленного и гражданского строительства предусматривает их сортировку и переработку. Такой регламент рассмотрим на примере переработки техногенного уранового месторождения, образовавшегося в процессе эксплуатации Смолинской шахты.

Для переработки отвала Смолинской шахты введен в эксплуатацию рудосортировочный комплекс «Алтаит». При переработке отвалов выделяется мелкая строительная фракция, которая вместо песка может быть использована в шахтах комбината при гидрозакладке пустот. Таким образом, комплекс позволяет снизить негативное влияние горных отвалов шахт на окружающую среду и получить при этом дополнительные товарные продукты. Для этого в цепи аппаратов используются радиометрические контрольные станции «Алмаз», а после первичного дробления - сепараторы радиометрические «Уранит» или «Альбит». Переработанные породы целесообразно использовать в качестве щебня, отвечающего требованиям ГОСТ 8267-82 и ГОСТ 232554-84.

Для материалов, используемых в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, удельная активность естественных радионуклидов не должна превышать значений, установленных для пород второго класса, а при строительстве дорог вне населенных пунктов с последующим покрытием асфальтом или бетоном, сооружении плотин, дамб и т.д. - значений, установленных для пород третьего класса. Породы первого класса используются для строительства жилых и общественных зданий с соблюдением требований Норм радиационной безопасности Украины (НРБУ-97).

Радиометрическое обогащение урановых руд получило широкое распространение в промышленности. При этом интенсивность радиоактивного излучения пропорциональна содержанию урана в данном куске или порции руды [1,2,5].

Сущность процесса радиометрического обогащения заключается в автоматизированном разделении (сепарации) кусков или порций руды на продукты с

различным, в том числе отвальным, содержанием урана на основе измерения интенсивности радиоактивного излучения.

Радиометрическая сепарация имеет следующие режимы: кусковой, порционный, поточный.

При кусковом и порционных режимах рудная масса предварительно разделяется на куски (порции) и каждая из них подаётся отдельно в зону измерения активности.

При поточном режиме рудная масса не разделяется, а проходит через зону измерения непрерывным потоком. В этом случае за условную порцию можно принять массу руды, которая в каждый данный момент находится в сфере детектора излучения (датчика).

Кусковой режим сортировки даёт наиболее полное использование контрастности руды, однако он менее производителен, чем порционный и поточный [1,2].

Обогатимость руд составляет предмет всестороннего серьезного изучения. Основными свойствами руд, определяющими обогатимость, являются: радиоактивное равновесие, присутствие посторонних радиоактивных веществ, контрастность, гранулометрический состав и равномерность массы кусков, характер их минерализации и среднее содержание полезного компонента. Эти же свойства определяют эффективность радиометрического обогащения [1,3,6].

Возможность применения и эффективность радиометрического обогащения определяется совокупным действием трех основных факторов:

- 1) природными данными руды (контрастность),
- 2) совершенством аппаратуры,
- 3) правильностью технологических приемов.

Контрастность является одним из природных свойств, наиболее сильно влияющих на обогатимость руд. Целесообразность принятия тех или иных решений и использования различных средств радиометрического обогащения также находится в определенной зависимости от контрастности исходной руды.

Если руда будет состоять только из кусков с одинаковым содержанием радиоактивного металла, то радиометрическое обогащение не будет эффективно. Естественно, что наилучшие результаты будут достигнуты в том случае, если в руде имеются только куски пустой породы и куски с высоким содержанием полезного компонента. Фактически руды различных месторождений характеризуются тем или иным распределением кусков или порций по содержанию в них металла. Степень неоднородности кусков или порций по содержанию в них полезного компонента называется контрастностью [4].

Радиометрический сепаратор включает следующие основные узлы:

- 1) механизм, подающий куски руды в зону измерения активности,
- 2) радиометр прибор, который регистрирует интенсивность излучения и подает соответствующую команду исполнительному механизму,
- 3) исполнительный механизм, т.е. устройство, отбирающее кусок по команде радиометра.

Радиометры имеют сходное устройство и состоят из следующих основных узлов: детекторы гамма-излучения (датчики), усилитель импульсов, формирующий каскад, измеритель скорости счета или абсолютного числа импульсов, пороговый каскад и исполнительное устройств [1,5].

Датчик радиометра представляет собой сцинтилляционный блок. Он состоит из кристалла NaI, активированного таллием и фото-электронного умножителя (ФЭУ). В кристалле происходит регистрация гамма-излучения за счет явления люминесценции. Возникающие при этом слабые световые вспышки фиксируются с помощью ФЭУ. Поскольку вспышки очень слабы, большое значение имеет создание оптического контакта между кристаллом и умножителем. Оптическим называется контакт, позволяющий максимально повысить количество световой энергии при переходе из одной среды в другую, за счет снижения потерь на рассеивание, полное внутреннее отражение и др. В данном случае контакт достигается применением специального вазелина.

ФЭУ - фотоэлектронный умножитель - вакуумный прибор, преобразующий слабые световые вспышки в электрические импульсы и усиливает эти импульсы до определенной амплитуды. Конструктивно ФЭУ выполнен в виде электронной лампы, состоящей из анода, покрытого металлом с высокой фотоэлектронной эмиссией, катода, нескольких пар диодов и фокусирующих электродов. Импульсы с катода поступают на усилитель и далее по схеме радиометра.

Время измерения активности составляет в различных радиометрах от долей секунд до нескольких десятков секунд.

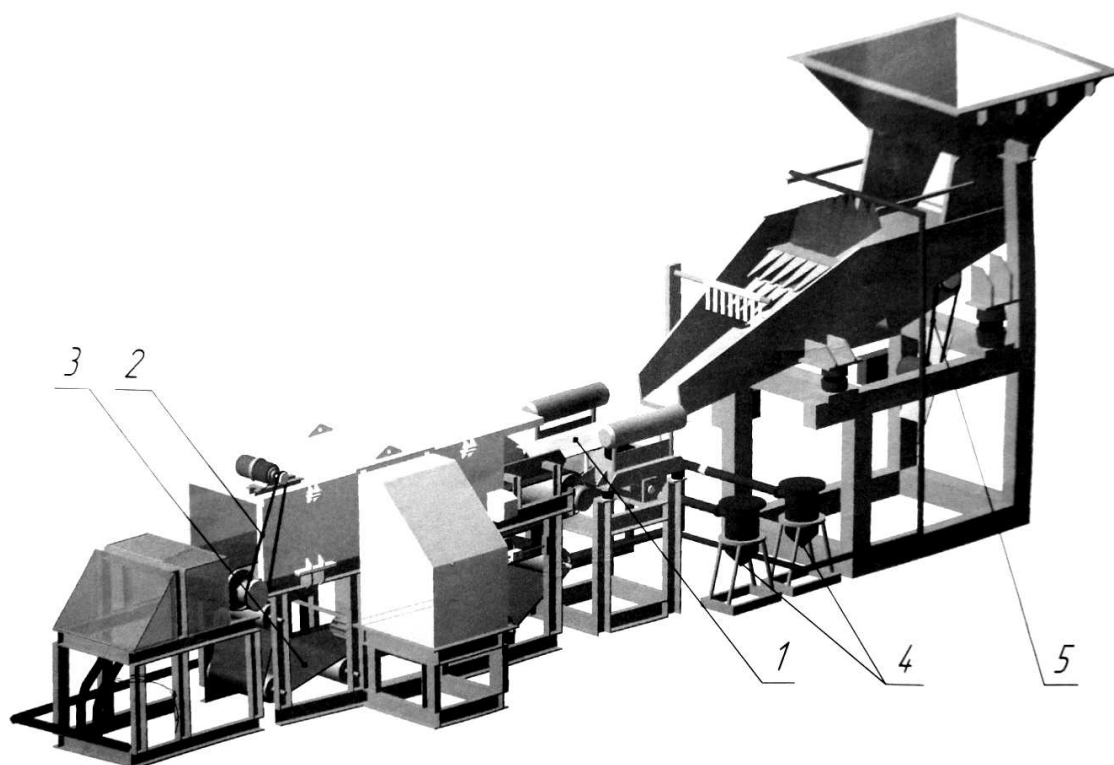
С технологической точки зрения основной характеристикой радиометров является чувствительность. Простейшие высокопроизводительные аппараты для первичной сортировки урановых руд - радиометрические контрольные станции (РКС), представляют собой устройства для измерения активности добытой горной массы в крупных порциях.

Чувствительность радиометра зависит от размеров кристаллов в датчике, особенностей электронной схемы и геометрических условий измерения. Максимальная чувствительность определяется как число импульсов, регистрируемых за единицу времени от рудного эталона, соответствующего среднему размеру и массе куска (порции руды) и имеющего определенное содержание урана.

В целом качество проведенной сортировки оценивается её эффективностью, под которой понимается отношение фактического выхода хвостов к теоретически возможному.

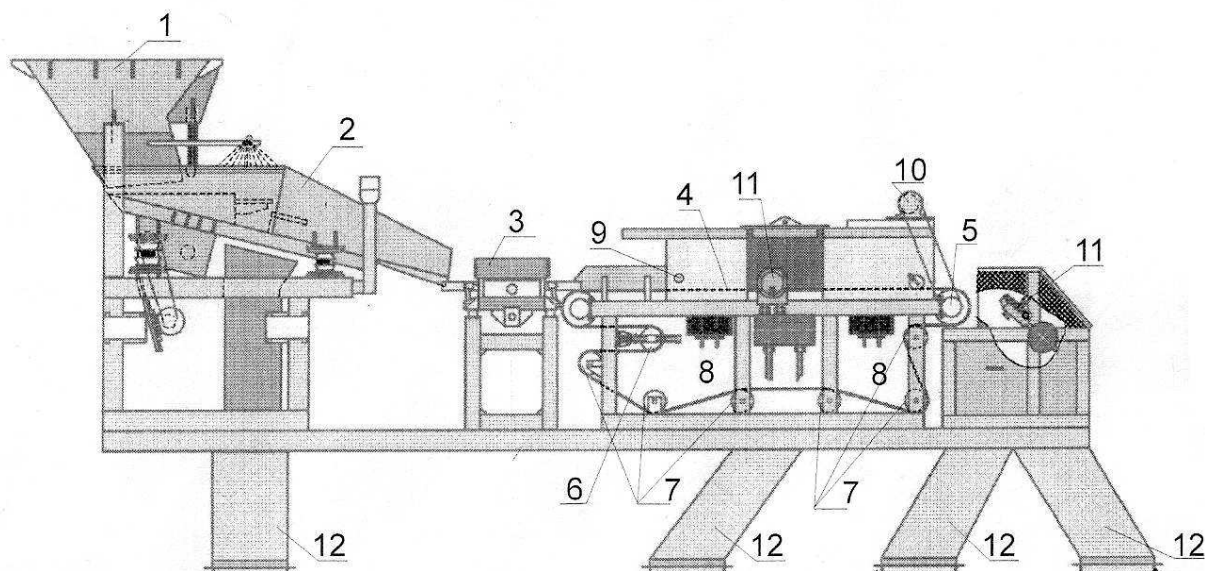
Показатель эффективности зависит от работы не только электронных, но и механических узлов сепаратора. От того как эти узлы обеспечивают постоянство траектории и скорости движения кусков в зоне измерения, степени влияния на условия измерения данного куска соседних, а также быстродействия разделяющего устройства и работоспособности сортировочной точки [1,5], зависит указанный показатель эффективности.

Рассмотрим принцип действия радиометрического ленточного сепаратора «Уранит» (рис.1) для сортировки материала крупностью -300+90мм.



1. Вибролоток; 2. Натяжная станция (приводной барабан, двигатель-редуктор, ремень); 3. Лента; 4. Ресивер; 5. Вибропитатель.

Рис.1 – Радиометрический ленточный сепаратор «Уранит» в объеме:



1. Бункер; 2. Вибропитатель; 3. Вибролоток; 4. Лента; 5. Приводной ролик; 6. Натяжной ролик; 7. Рабочие ролики; 8. Датчики; 9. Фиксатор; 10. Привод ленты; 11. Устройство разделяющее; 12. Течки продуктов переработки.

Производительность сепаратора «Уранит» составляет 10-20 т/час;
 Рабочее давление сжатого воздуха в системе 6 Атм, расход воздуха 5 м³/час;
 Продукты переработки - отсев, концентрат 1, концентрат 2, хвосты.

Рис.2 – Радиометрический ленточный сепаратор «Уранит» в разрезе:

Руда из бункера 1с помощью вибрационного питателя 2 подаётся на вибролоток 3(рис.3), при этом куски выстраиваются в один ряд, двигаясь, достигают определенной скорости. Руда раскладывается на горизонтально движущуюся ленту 4 по одному куску на расстояние не меньше длины куска.

Скорость движения ленты 1,2 м/с.



Рис.3 – Вибролоток

Кусок при своем движении по ленте перекрывает луч фотофиксатора 9 (рис.4),(может быть установлен как гамма-фиксатор, так и инфракрасный.), по времени этого перекрытия определяется длина куска (приблизительно можно считать пропорционально его массе).

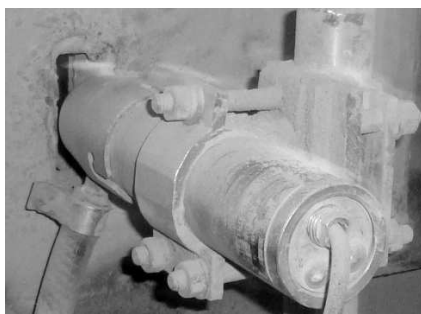


Рис.4 – Фотофиксатор

Данные о размере куска поступают на УНО (устройство накопления и обработки информации). Далее кусок попадает в зону измерения датчиков первой стадии 8. Происходит считывание гамма-фона и сравнение его с пороговым значением для первой стадии. Двигаясь дальше куски руды попадают в зону действия исполнительного механизма 11. Исполнительный механизм представляет собой пневматический клапан (рис.5), управляемый электромагнитом.

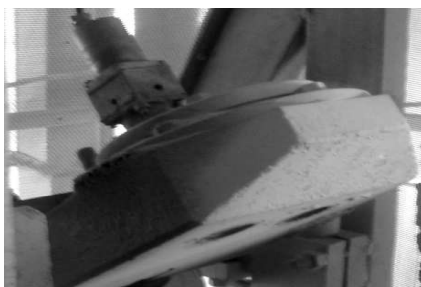


Рис.5 – Пневматический клапан

Если суммарная величина излучения от куска после её сопоставления с размером куска, оказывается большей некой пороговой величины, радиометр даёт команду на включение электромагнита исполнительного устройства, открывающего пневмоклапан, и тот потоком воздуха высокого давления направляет кусок в течку концентрата 1. Если же клапан не срабатывает, то кусок попадает в зону измерения датчиков второй стадии 8. После обработки информации на разделяющее устройство второй стадии подается решение - либо “отстрелить” данный кусок (концентрат 2), либо пропустить его в течку “хвостов”. Таким образом, происходит разделение.

Данные о размере куска влияют не только на появление команды, на срабатывание клапана, но и на время дутья, которое будет тем больше, чем больше размер куска, находящегося в зоне пневмоклапана.

Датчики первой и второй стадии (рис.6), защищенных свинцовыми экранами, нужны для улучшения отношения сигнал/шум, снижения влияния естественного фона и уменьшения влияния засветки от рядом следующих кусков.

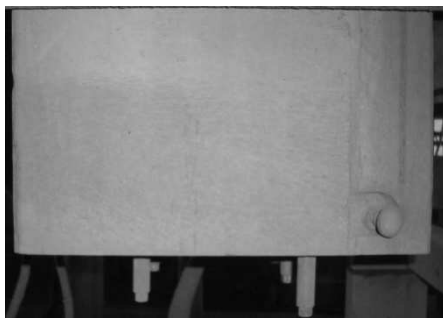


Рис.6 – Датчики, защищенные свинцовым экраном

Ленточные сепараторы «Альбит» используются для обогащения руды класса -90+40мм. Принцип их работы аналогичен ленточным сепараторам «Уранит». Разница состоит в том, что используется одновременно не один, а несколько каналов разделения (рис.7).

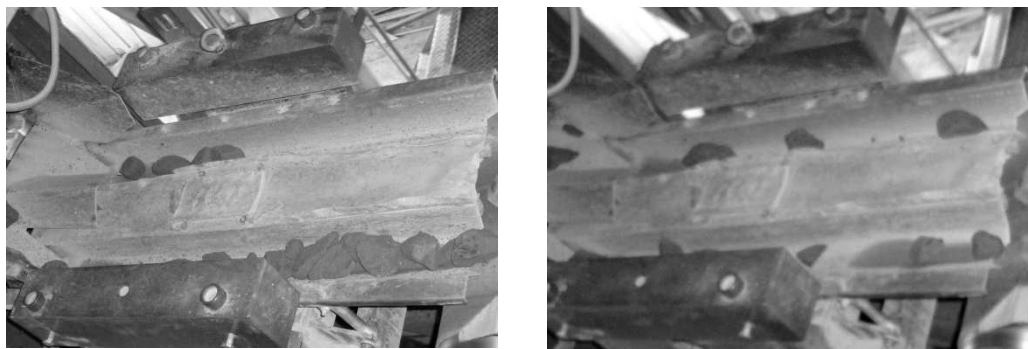


Рис.7 – Руда разделенная на несколько потоков (каналов)

Руда из бункера сепаратора попадает в вибрлоток, на котором находятся разделительные канавки. Разделённая на несколько потоков руда, подаётся на горизонтально движущуюся ленту. Эти потоки и называются каналами. Под

каждым каналом находятся радиометрические датчики, которые замеряют активность кусков и выдают информацию в устройство накопления и обработки УНО. Далее куски попадают в зону измерения, где может быть установлен как гамма-фиксатор, так и инфракрасный. Данные о размере куска также поступают на УНО. Величина активности и данные о размере куска анализируются и, в зависимости от результата анализа, подаётся команда на электромагнит разделяющего устройства. Разделяющее устройство отбирает куски сжатым воздухом. Длина дутья зависит от размеров куска.

Конструктивно одно УНО может быть выполнено для всех каналов. В настоящее время такие устройства реализуются на микропроцессорах (рис.8).

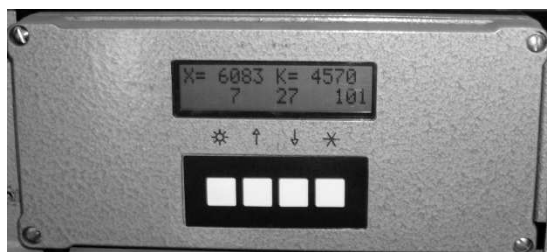


Рис.8 – УНО (устройство накопления и обработки информации)

При покусковом режиме в зону измерения плотности потока излучения куски руды поступают отдельно, что обеспечивает наилучшую избирательность сортировки. Расположение кусков руды на некотором расстоянии друг от друга позволяет снизить влияние на результаты измерения γ -излучения каждого предыдущего и последующего кусков. Покусковой режим обеспечивает наилучшие показатели радиометрического обогащения при наименьшей производительности по сравнению с порционным и поточным режимами.

Однако полностью выдержать покусковой режим практически невозможно. Различие размеров и формы кусков руды не дает возможности создать идеальный питатель радиометрического сепаратора, позволяющий подавать на измерения всегда только один кусок руды. Таким образом, покусковой режим в той или иной мере содержит в себе элементы порционного режима сортировки.

Преимущества использования радиометрического ленточного сепаратора «Уранит» или «Альбит»:

- 1) увеличения времени измерения;
- 2) отбор руды с высоким содержанием металла на первом стадии позволяет избавиться от влияния излучений соседних кусков на результаты сортировки руды в последующей стадии, т. е. в этом сепараторе почти исключается подсветка;
- 3) датчики первой и второй стадии, защищенных свинцовыми экранами, для снижения влияния естественного фона и уменьшения влияния засветки от рядом следующих кусков.
- 4) УНО (устройство накопления и обработки информации), реализуются на микропроцессорах;
- 5) конструктивное выполнение допускает быструю смену всех узлов;

б) радиометры для экспресс-анализа руды в емкостях (бункер1) и на транспортерах дают объективную информацию о количестве полезного компонента в руде, поступившей в процесс. Сигнализатор превышения содержания полезного компонента в хвостах позволяет исключать брак. Информация поступает на микропроцессор, оценивает руду, поступающую в процесс и вносит необходимые коррекции в режим работы радиометрических сепараторов по результатам контроля. Оператор может контролировать технологию сортировки.

Недостатки:

1) невозможно полностью выдержать покусковой режим. Различие размеров и формы кусков руды не дают возможность создать идеальный питатель радиометрического сепаратора, позволяющий подавать на измерения всегда только один кусок руды. Таким образом, покусковой режим в той или иной мере содержит в себе элементы порционного режима сортировки;

2) длина куска считывается приближенно – пропорциональна его массе;

3) шум (пневматический клапан), вибрация (вибропитатель, вибролоток).

Перечисленные преимущества и недостатки являются предметом дальнейших исследований авторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крейндин И.И., Маркова Р.А., Паска Л.М. Приборы для радиометрического обогащения руд. – М., Атомиздат 1972. – 240 с.
2. Мокроусов В.А., Гольбек Г.Р., Архипов О.А. Теоретические основы радиометрического обогащения радиоактивных руд. – М., «Недра», 1967. – С. 87-94.
3. Полькин С.И. Обогащения руд и россыпей редких металлов. – М., «Недра», 1967. – С. 103-114.
4. Пухальский Л.Г. Теория контрастности урановых руд. – М., Госатомиздат, 1963. – С. 67-73.
5. Кошелев И.В. Радиометрическая аппаратура для обогащения урановых руд. – М., Госатомиздат, 1963. – 92 с.
6. Полькин С.И. Обогащение руд и россыпей редких и благородных металлов: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М., «Недра», 1987. – 428 с.